

Aust.

5004

Austr.
5004.

Wagner.

Bayerische Staatsbibliothek



<36656375790016

DIE
SEEN DES BÖHMERWALDES.

EINE GEOLOGISCH-GEOGRAPHISCHE STUDIE
ZUGLEICH EIN
BEITRAG ZUR LÖSUNG DES KARPROBLEMS.

INAUGURAL-DISSERTATION
ZUR
ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE
DER
HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT
DER
UNIVERSITÄT LEIPZIG
VORGELEGT VON
PAUL WAGNER.

MIT 4 BEILAGEN.

VERÖFFENTLICHT VOM VEREIN FÜR ERDKUNDE ZU LEIPZIG.

LEIPZIG 1897, DUNCKER & HUMBLLOT.



INHALTSÜBERSICHT.

	Seite
I. Einleitung	1
Landschaftliches Charakterbild	1
Historischer Überblick über die wichtigste Litteratur	2
Methodische Vorbemerkungen	5
II. Einzeldarstellungen	9
Der Teufelssee	9
Topographie und Geologie der Umgebung (S. 9). — Seebecken (S. 12). — Chemie (S. 15). — Thermische Erscheinungen (S. 16). — Optische Erscheinungen (S. 18). — Biologie (S. 20).	
Der Schwarze See	21
Topographie und Geologie der Umgebung (S. 21). — Seebecken (S. 22). — Chemie (S. 24). — Thermische Erscheinungen (S. 25). — Optische Erscheinungen (S. 26). — Biologie (S. 27). — Schnee- und Eisver- hältnisse (S. 27).	
Großer Arbersee	28
Topographie und Geologie der Umgebung (S. 28). — Seebecken (S. 31). — Chemie (S. 32). — Thermische Erscheinungen (S. 33). — Optische Erscheinungen (S. 34). — Biologie (S. 34). — Schnee- und Eisver- hältnisse (S. 35).	
Kleiner Arbersee	36
Der Rachelsee	38
Topographie und Geologie der Umgebung (S. 38). — Seebecken (S. 40). — Chemie (S. 41). — Biologie (S. 43). — Thermische Erscheinungen (S. 44). — Optische Erscheinungen (S. 44). — Schnee- und Eisver- hältnisse (S. 44).	
Der Plöckensteinsee	45
Topographie und Geologie der Umgebung (S. 45). — Seebecken (S. 46). — Thermische Eigenschaften (S. 47). — Optische Eigenschaften (S. 48). — Biologie (S. 48).	
Stubenbacher See	48
Topographie und Geologie der Umgebung (S. 48). — Seebecken (S. 50). — Thermische Eigenschaften (S. 51). — Optische Erscheinungen (S. 51). — Biologie (S. 52). — Schnee- und Eisverhältnisse (S. 52).	

	Seite
Der Lakkasee.	52
Seebecken (S. 53). — Thermische Erscheinungen (S. 54). — Schnee- verhältnisse (S. 54).	
Weiterer Umblick.	54
Tabellarische Übersicht der Böhmerwaldseen.	56
III. Allgemeiner und zusammenfassender Teil	57
Geologie	57
Glacialspuren	58
Topographie	58
Thermische Erscheinungen	61
Niederschlagsverhältnisse	66
Optische Erscheinungen	70
Biologie	71
IV. Entstehung der Böhmerwaldseen; zugleich eine historisch- kritische Übersicht der Kartheorieen	72
1. Die Ursache der Karbildung ist in tektonischen Ursachen zu suchen (S. 73). — 2. Die Bildung der Kare ist durch die petrographische Beschaffenheit bedingt (S. 75). — 3. Die Kare sind durch das Wasser ausgewaschen (S. 76). — 4. Die Kare sind Erzeugnisse der Gletscher (S. 77). — 5. Mechanische und chemische Verwitterung als Ursache der Karbildung (S. 81). — Bildung der Böhmerwaldseen (S. 86).	

I. EINLEITUNG.

Landschaftliches Charakterbild.

Mitten im Waldesgrün und Felsengewirr des böhmisch-bayrischen Grenzgebirges liegt eine Anzahl dunkler Seen, zum Teil so klein, daß die Wissenschaft sie nur mit dem Namen „Gebirgsweiher“ benennen möchte, und doch bedeutend in ihrer Wirkung durch die großartige Erscheinung ihrer Umgebung. Tiefeingesenkt in die Flanken der höchsten Gipfel — gleichsam in einer lehnstuhlartigen Nische — werden sie überragt von einer hohen „Seewand“, abgesperrt durch riesige Blockanhäufungen und rings umrahmt von hochstämmigem Nadelwald. Ihre Naturschönheit, ihre tiefe Einsamkeit hat schon manchen Reisenden erfreut, selbst einen Dichter zu klassischer Schilderung begeistert. „Ein gespanntes Tuch ohne eine einzige Falte“ — sagt Ad. Stifter¹ vom Plöckensteinsee — „liegt er weich im harten Geklippe, gesäumt von einem dichten Fichtenbände, dunkel und ernst, daraus manch einzelner Urstamm den ästelosen Schaft emporstreckt, wie eine altertümliche Säule. Gegenüber diesem Waldband steigt ein Felsentheater lotrecht auf, wie eine graue Mauer, nach jeder Richtung denselben Ernst der Farbe breitend, nur geschnitten durch zarte Streifen grünen Moores und sparsam bewachsen mit Schwarzföhren, die aber von solcher Höhe so klein aussehen, wie Rosmarinkräutlein Da in diesem Becken buchstäblich nie ein Wind weht, so ruht das Wasser unbeweglich, und der Wald und die grauen Felsen und der Himmel schauen aus seiner Tiefe heraus wie aus einem ungeheuern schwarzen Glasspiegel. Über ihm steht ein Fleckchen der tiefen, eintönigen Himmelsbläue. Man kann hier tagelang weilen und

¹ Ad. Stifter, Studien. Bd. II. 1841. Der Hochwald.
Wagner.

sinnen, und kein Laut stört die durch das Gemüt sinkenden Gedanken, als etwa der Fall einer Tannenfrucht oder der kurze Schrei eines Geiers Oft entstieg mir ein und derselbe Gedanke, wenn ich an diesen Gestaden saß: als sei es ein unheimliches Naturauge, das mich hier ansehe — tief schwarz, überragt von der Stirn und Braue der Felsen, gesäumt von der Wimper dunkler Tannen — drinnen das Wasser regungslos, wie eine versteinerte Thräne“.

Und ein „Seebach“ sendet das Wasser zu Thal, daß es rauscht und hüpfet über mächtige Blöcke mitten im Waldesdunkel. „Die vielzweigige Erle geht am Wasser hin, die leichte Buche mit den schönfarbigen Schäften, die feste Eiche, die schwankenden Halme der Fichten stehen gesellig und plaudern bei gelegentlichen Windhauchen; die Espe rührt hierbei gleich alle ihre Blätter, daß ein Gezitter von Grün und Silber wird, das die Länge lang nicht auszutaumeln und auszuschwingen vermag; der alte Ahorn steht einsam und greift langarmig in die Luft; die Tanne will erhabene Säulengänge bilden, und die Büsche, Beeren und Ranken — gleichsam die Kinder — sind abseits und zurück in die Winkel gedrängt, daß mitten Raum bleibe für hohe Gäste.“

Dies ist das Landschaftsgemälde, das mit wenig Änderungen auf alle unsre Seen paßt; denn sie alle gehören in mehr oder weniger typischer Ausbildung in die gleiche Kategorie, die Klasse der Cirkusseen.

Historischer Überblick über die wichtigste Litteratur.

Wie das ganze Waldgebirge bis in die neueste Zeit in der Verborgenheit jungfräulichen Urwaldes lag, ohne bedeutende Siedelungen, fern von großen Verkehrsstraßen, abseits vom Strome der Reisenden, so war es auch in wissenschaftlicher Beziehung lange eine terra incognita.

Die Geologen bildeten die Pioniere der Forschung. Männer wie Winneberger¹, Hochstetter², Gümbel³, vom Rath⁴ (dazu neuerdings Katzer⁵) enthüllten die geognostische Beschaffenheit des

¹ Geognostische Beschreibung des bayr. Waldgebirges. 1851.

² Jahrbuch der K. K. geol. Reichsanstalt. 1854, S. 1, 567; 1855, S. 10, 749; 1856, S. 135.

³ Geognost. Beschreibung des ostbayr. Grenzgebirgs. Gotha 1868; neu: v. Gümbel, Geologie v. Bayern, Bd. II. Kassel 1894.

⁴ Cordieritgneiß v. Bodenmais. Correspondenzbl. des nat.-hist. Vereins der preuß. Rheinl. 1879, S. 106 etc.

⁵ Geologie von Böhmen. Prag 1892.

Gebiets. Sendtners¹ musterhafte Arbeit schildert die Vegetation in besonders eingehender Weise. Für das Bedürfnis der Reisenden sorgten zunächst die Führer von Wenzig und Krejci², Willkomm³, Möchel⁴. Nach diesen erschien manches Reisehandbuch⁵; aber sie alle sind mehr oder weniger wissenschaftlich unselbständige, zum Teil sogar ganz kritiklose Arbeiten, die für unsre Zwecke wenig Bedeutung haben.

Als dann das Königreich Böhmen in einzelnen Bezirken gewissermaßen unter einen Stab von Forschern verteilt wurde, hielt die Wissenschaft auch wieder Einzug im Böhmerwalde. Studnička⁶ organisierte ein weit verzweigtes ombrometrisches Beobachtungsnetz, von dem noch gegenwärtig Material gesammelt wird. Besondere Fortschritte machte die Zoologie, als Frič⁷ seine „fliegenden Stationen“ auch an einige der Seen verlegte und dadurch eine Menge wertvoller Aufschlüsse erhielt, deren endgültige Bearbeitung soeben zum Abschlusse gelangt ist.

Einen weiteren Anstoß erhielt die Forschung, als durch die

¹ Die Vegetationsverhältnisse des bayr. Waldes. 1860.

² Wenzig u. Krejci, Der Böhmerwald. Prag 1860.

³ Der Böhmerwald. Prag 1878.

⁴ Průvodce na trati Plzeň - Eisenstein - Deggendorf 1878. (Auch deutsch.) Möchel, Auf den Osser über den Teufelssee u. Schwarzen See. Bohemia 1877 Nr. 191.

⁵ Ferner wurden verglichen:

Pascher, Führer durch den Böhmerwald 1878.

Pascher, Der Spitzbergtunnel. 1878. (Mit geolog. Durchschnitt.)

Řivnáč, Führer durch den Böhmerwald, von F. A. Borovský. Prag 1883.

Führer durch den Böhmerwald, durch den Böhmerwaldbund herausgegeben, 1. Aufl., 1888. (Ausführl. Litteraturverzeichnis!)

Mayenberg, Führer durch den bayrischen Wald. 9. Aufl. 1896. (Benutzbare Karte, vom Waldverein herausgegeben.)

⁶ Vergl. Studnička, Grundzüge einer Hyetographie des Königreichs Böhmen. Archiv f. d. naturwiss. Landesdurchforschung v. Böhmen 1887, VI, Nr. 3.

⁷ A. Frič, Math.-nat. Klasse der K. böhm. gelehrten Gesellsch. d. Wissensch. Sitzungsberichte vom 15. Juli 1871 u. 21. März 1873.

Předběžná zpráva o zkoumání Černéhojezera n Sumavě. Věstník České Akad. C. Fr. Jos., V Praze. Bd. III, S. 173.

Die Stationen zur Durchforschung der Süßwasserfauna in Böhmen. Wiener Landwirtschaftl. Zeitung 1891. S.-A.

A. Frič u. Dr. V. Vávra, Untersuchung zweier Böhmerwaldseen, des Schwarzen Sees und des Teufelssees. Archiv der naturwissensch. Landesdurchforschung v. Böhmen. Bd. X, Nr. 3. Prag 1897.

Publikationen von Partsch¹, Penck² und andere die Frage nach den Glazialspuren in den deutschen Mittelgebirgen brennend wurde. Unser Gebiet hat in dieser Beziehung einen Bearbeiter in Fr. Bayberger³ gefunden, der besonders auch den Seen seine Aufmerksamkeit widmete, zum Teil auch ihre Hohlform untersuchte, so daß dieses Werk für uns den Ausgangspunkt weiterer Forschung bilden mußte. Die darin aufgeführten weitgehenden eiszeitlichen Spuren wurden durch Penck, Böhm und Rodler⁴ alsbald stark verdächtigt, und seit jener entschiedenen Zurückweisung hat die geologisch-geographische Erforschung des Gebiets fast stagniert. Nur eine Arbeit über den chemischen Gehalt der Gewässer ist aus der neuesten Zeit noch erwähnenswert⁵.

Desto eifriger wurde die Glazialfrage in den andern Gebirgen diskutiert⁶; Schwarzwald, Vogesen, Harz, Riesengebirge ergaben wichtige Resultate. Die Seenforschung nahm ebenfalls einen Aufschwung. Forel⁶, Richter, Ule und andere stellten neue Untersuchungsmethoden und neue Probleme auf; ganze Kommissionen nahmen die Erforschung der größeren Seen, sowie der Binnenmeere in Angriff. Aber der Ausspruch von Partsch⁷ sollte sich auch während dieser Zeit für Alpen wie Mittelgebirge noch bewahrheiten: „Es ist mir immer als eine sonderbare Thatsache erschienen, daß die Gelehrten, welche über die Entstehung der Seebecken handeln, fast ausnahmslos sich vorwiegend, manchmal ausschließlich mit so großen Wasserflächen, wie dem Genfer, dem Bodensee, dem Lago maggiore beschäftigen und die kleineren Bergseen kaum beachten. Man sollte doch meinen, daß kleinere, wohl übersehbare Objekte sich für den Beginn des Studiums — und über diesen sind wir doch bei den Alpen-

¹ Die Gletscher der Vorzeit in den Karpathen u. d. Mittelgeb. Deutschlands. Breslau 1882.

² Die Vergletscherung der deutschen Alpen. Leipzig 1882.

Die Eiszeit in den Pyrenäen. Mitt. des V. f. E. Leipzig 1883.

Geographische Wirkungen der Eiszeit. Verhandl. des 4. deutsch. Geogr.-T. München 1884.

³ Franz Bayberger, Geographisch-geologische Studien aus dem Böhmerwalde. Die Spuren alter Gletscher, die Seen u. Thäler des Böhmerwalds. Peterm. Mitt., Ergänzungsh. Nr. 81. 1886.

⁴ Penck, Böhm u. Rodler, Exkursionsbericht. — Zeitschr. d. dtsh. geol. Gesellsch. 1887. Bd. 39, S. 68—77.

⁵ C. Metzger, Beiträge zur Kenntnis der hydrographischen Verhältnisse des bayr. Waldes. Diss. Erlangen 1892.

⁶ Litteraturangaben hierzu siehe später.

⁷ a. a. O. S. 192.

seen noch lange nicht hinaus! — besser eignen, als große, deren langgedehnter, reich gegliederter Ufersaum sehr mannigfaltige und nur teilweise erkennbare geologische Verhältnisse umschließt.“ Erst in jüngster Zeit fängt man an, auch den kleineren Seen, insbesondere den Cirkusseen, seine Aufmerksamkeit zu widmen.

Gestützt auf diese neuen Arbeiten durfte es nicht zu gewagt erscheinen, auch das gemiedene Gebiet der Böhmerwaldseen wieder zu betreten und eine Neubearbeitung desselben zu versuchen.

Jedem Limnologen muß als Ideal seiner Arbeiten das von Forel¹ aufgestellte Programm vorschweben. Aber es ist selbstverständlich, daß eine so klassische Monographie nur durch jahrelanges gemeinsames Streben Vieler gewonnen werden kann. So sind auch im folgenden die Angaben über Chemie und Biologie unter Benutzung bereits vorhandener Publikationen und erreichbaren Aktenmaterials zusammengestellt, ohne daß es damit gelungen wäre, das Schema vollständig auszufüllen. Doch sind bei der Gleichartigkeit der Objekte solche Lücken leichter zu verschmerzen, wenn die einzelnen Beschreibungen sich dann zu einem Gesamtbilde vereinigen lassen.

Methodische Vorbemerkungen.

Die Arbeit erforderte eine größere Anzahl von Unterlagen und Instrumenten, deren kurze Charakteristik zum vollen Verständnis der Auseinandersetzungen wichtig ist.

Die kartographische Grundlage der Aufnahmen bildeten die Katasterblätter, die in Österreich 1:2880, in Bayern 1:5000 ausgeführt sind. Für die weiteren Messungen dienten die photographischen Kopien der österreichischen Originalaufnahmen 1:25 000:

Zone 9 Kol. VIII, Sekt. NO und SO,

Zone 9 Kol. IX, Sekt. SW,

Zone 10 Kol. X, Sekt. SW,

und die bayrischen Forstwirtschaftskarten 1:10 000, die im Gebiete der Staatswaldungen neuerdings Isohypsen von 5:5 m haben. Das weitere Kartenmaterial bestand in:

K. K. Generalstabskarte 1:75 000, Sekt. Schüttenhofen, Winterberg, Wallern, Eisenstein-Viechtach, Kuschwarda;

v. Gümbel, Geolog. Karte des böhm.-bayr. Grenzgebirgs, 5 Blatt;

¹ Forel, Le Léman, Monographie limnologique. Bd. I 1892, II 1895.

Katzer, Geol. Karte v. Böhmen 1:144 000;

Schichtenplan der Strecke Neuern-Eisenstein 1:28 800.

Die vorzüglichen Meßinstrumente verdanke ich zum großen Teil der Liebenswürdigkeit des Herrn Prof. Willi Ule-Halle. Der Lotapparat ist im wesentlichen derselbe, der bereits früher vom Besitzer desselben beschrieben und abgebildet wurde¹: Ein doppelter, verzinnter Stahldraht trägt das hohle, mit Ventil versehene Lot. Außer dem Zählwerke, das die ca. 1 m betragenden Haspelumdrehungen kontrolliert, ist ein zweites, neu konstruiertes angebracht, in dem der Draht über ein Messingrad von 20 cm Umfang läuft und das die Resultate bis auf 10 cm genau angeben kann. Doch wurden die Werte bis auf $\frac{1}{2}$ m vernachlässigt, da Felsblöcke etc. auf dem Grunde oft viel größere Fehler erzeugen. Die Entfernung der Lotstellen wurde in folgender Weise bestimmt: Zunächst wurde der Kahn, resp. das Floß an einer abgesteckten Uferstrecke von 20 m entlang geführt und dabei die mittlere Zahl der Ruderschläge oder Radumdrehungen festgestellt. Auf dieser Basis erfolgten dann die Lotungen je nach Bedürfnis, an Steilwänden aller 5—10 m, in der Mitte meist aller 20 m. Die Linien, die zur Konstruktion von Profilen benutzt werden sollten, wurden in möglichst engen Abständen gemessen. Von Zeit zu Zeit wurde ein Punkt außerdem durch Visieren bestimmt und so die Fehler, die durch ungleichmäßiges Rudern, durch Wind und Wellen (die Seen sind durchaus nicht so ruhig, wie sie Stifter schildert) unvermeidlich entstehen, auf kleineren Strecken ausgeglichen². Als Endpunkte der Lotstellen dienten möglichst in der Karte schon fixierte Punkte: einlaufende Schneisen, ein- und ausfließende Gewässer, im Schwarzen und Teufelssee auch die weißen Markierungen, die durch Prof. Dr. Frič für ähnliche Zwecke angebracht worden waren. Wo solche Punkte nicht in genügender Zahl vorhanden waren, wurden mit dem Meßbande neue abgesteckt.

Für die Temperaturmessungen in der Tiefe diente ein Tiefseethermometer von Negretti-Zambra. Auch hier ist durch Herrn Prof. Ule eine höchst praktische Neuerung angebracht: Das Umkehren wird nicht mehr durch rasches Nieder- und Aufziehen bewirkt; sondern

¹ Petermanns Mitteil. 1894, S. 213—214.

² Am Teufelssee versuchte ich mit einem 300 m langen Stahldraht zu arbeiten, der durch Kupferfähnchen in Strecken von 10 m abgeteilt war und, über den See gespannt, Lotlinie und Lotstellen möglichst genau angeben sollte. Das schwierige und außerordentlich zeitraubende Spannen aber stand in keinem Verhältnis zu der dadurch erreichten größeren Genauigkeit, so daß ich an den übrigen Seen auf dieses Mittel verzichtete.

ein Hebelpaar nach dem Princip der Briefwage hält das Thermometer in der verkehrten Lage fest, bis es durch ein Laufgewicht, das man am Drahte hinunterläßt, ausgelöst wird. Die Oberflächen- und Bachtemperaturen wurden durch ein Quellenthermometer, die Luftwärme durch gewöhnliche Schleuderthermometer festgestellt.

Die Sichtbarkeitsgrenze des Wassers läßt sich ermitteln durch Einsenken einer weißen, zusammenlegbaren Scheibe von 30 cm Durchmesser. Für die Farbenbestimmung stand zur Verfügung eine von Wesselhöft-Halle gefertigte Skala nach den neuesten Angaben von Ule¹. Dieselbe zeigte also folgende Mischungen, hergestellt aus

1. Blauer Lösung: 0,5 g Kupfervitriol, 5 ccm Ammoniak, 95 ccm aqu. dest.
2. Gelber Lösung: 0,5 g neutr. chromsaures Kali in 100 ccm aqu. dest.
3. Brauner Lösung: 0,5 g Kobaltsulfat in stark ammoniak. Wasser zu 100 ccm:

	XI.	XII.	XIII.	XIV.	XV.	XVI.	XVII.	XVIII.	XIX.	XX.	XXI.
Blau:	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Gelb:	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15
Braun:	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50

Sämtliche Angaben von Neigungswinkeln beruhen auf Klinometermessungen. Um den verbreiteten übertriebenen Angaben über die Steilheit der Gehänge entgegenzutreten zu können, fühlte ich mich verpflichtet, möglichst viele Zahlen zu gewinnen.

Die Flächenbestimmungen wurden mit einem Polarplanimeter von J. Amsler² gewonnen. — Die petrographische Untersuchung beschränkte sich auf die mikroskopisch-optische Seite, da es an Analysen nicht mangelt.

Eine derartige Arbeit konnte nur rasch gefördert werden, wenn ihr die Behörden und Besitzer des Terrains Wohlwollen entgegenbrachten. Dieses ist mir in reichem Maße zu teil geworden. Fahrzeuge wurden geliehen, zum Teil erst neu hergestellt, Karten und Aktenmaterial überlassen, Träger und Ruderpersonal beigegeben, und

¹ Petermanns Mitteil. 1894, S. 214.

Die ursprüngliche Forelsche Skala mit vorwiegend blauen Tönen siehe Forel, Ricerche fisiche sui laghi d'Insubria.

Forel, Le Léman II, S. 464.

Die erste Verbesserung Ules, die besonders die braunen Töne berücksichtigt, in

Petermanns Mitt. 1892, S. 70—71.

² Beschreibung und Instruktion siehe

J. Rebstein, Lehrb. der prakt. Geometrie 1868, S. 85.

persönliche Führung erleichterte oft das Studium wesentlich. Ich fühle mich deshalb verpflichtet, allen Förderern der Arbeit an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank auszusprechen, insbesondere

der K. Regierung von Niederbayern, den K. B. Forstämtern Rabenstein und Spiegelau, den F. H. Forstämtern Böhm.- und Bayr.-Eisenstein, Deffernik, den F. Schw. Forstämtern Krumau und Langendorf.

Mein Dank gebührt ferner allen den Herren, die durch Überlassen von Kartenwerken und Erteilen von Ratschlägen mir beigestanden haben, besonders den Herren Prof. Frič und Prof. Laube-Prag, Prof. W. Ule-Halle, Winterschulleiter H. Schreiber-Staab, Prof. Credner und Prof. Ratzel-Leipzig.

II. EINZELDARSTELLUNGEN.

Der Teufelssee.

Topographie und Geologie der Umgebung.

Von dem wilden, fast alpin zerklüfteten Doppelgipfel des Osser (1283 m¹) zieht sich nach SO. ein langer Glimmerschieferrücken, der mit allmählichem Verflachen bis in die Gegend von Bayr.-Eisenstein reicht. Noch zweimal erhebt er sich in Form von Gipfeln: im Zwerg-eck oder Zwereck (1270 m) und im Seewandberg (1343 m). Gewissermaßen das Rückgrat des Zuges bildet ein quarzitischer Streifen, an den sich der typische Glimmerschiefer im Streichen nach Stunde 8—9 und im Einfallen von 60—70° gegen NO. (nach Katzer) anschliesst. Das mikroskopische Bild des Osserschiefers enthüllt uns einen grossen Reichtum an accessorischen Gemengteilen: Ausser dem reichlich vorhandenen Quarz, Muskovit und Biotit finden wir prächtig ausgebildete Turmalinkrystalle, Granaten, Magnetit, bläulichschwarzes Titaneisen, Zirkon, Chlorit, Pyroxen, Staurolith, Spinell. Stellenweise erlangen die Eisenthongranaten eine besondere Zahl und Grösse, so am Spitzberg (beim Rixyhôtel) und am „Granathügel“. Die Richtung des Einfallens bedingt, dass die steil überhängenden Schichten gegen Bayern zu schroffere Formen annehmen, als gegen Böhmen. Während die bayrische Seite gradlinig verläuft und den „Lamer Winkel“ mit dem weissen Regen, sowie das Thal des Pichelbaches flankiert, ist der Nordost-abhang stärker gegliedert. Direkt unter dem Osser ist der stark ausgeweitete und in einzelne Abteilungen gegliederte Thalhintergrund des Osser- und Klammerbachs. Daran schliessen sich die beiden

¹ Die Höhenangaben sind für Bayern meist nach v. Gümbel, Geologie von Bayern, Bd. II. Wir finden in der Litteratur oft beträchtliche Schwankungen derselben. Für Böhmen sind sie nach den Originalkarten 1:25000 korrigiert.

Amphitheater des Schwarzen und Teufelssees, welch letzterem wir uns zunächst zuwenden.

Der Seewandberg (1343 m) bildet den höchsten darüberliegenden Punkt und mit seinem nordöstlichen Ausläufer zugleich die gemeinsame Flanke der beiden Seen. Der Seespiegel selbst liegt 1030 m ü. M., so daß wir eine „Seewand“ von 313 m relativer Höhe erhalten. So steil die Wand auch vom See aus erscheint, erweist sie sich doch als verhältnismäßig leicht gangbar, und ein „Horizontalweg“ in halber Höhe erleichtert das Studium derselben. Um uns von der Neigung eine Vorstellung zu machen, folgen wir zunächst aufwärts dem Hauptzuflusse. Bis zum ersten Knie messen wir 18° , dann 25° ; das schwer gangbare Stück unterhalb der Brücke zeigt 35° ; ähnliche Neigung ist zunächst auch oberhalb derselben. Am linken Ufer erheben sich nun einige kahle Felswände von durchschnittlich 45° , teilweise auch 70° . Ehe wir den Gipfel erreichen, kommt das schwierigste Stück mit $40\text{—}45^{\circ}$ und schließlich ein sanfter Aufstieg bis zum gerundeten Rücken. Blicken wir vom obern Rande zum Seeufer, so ergibt sich eine Gesamtneigung von 30° . Von den übrigen Teilen der Umgebung seien folgende Neigungswinkel gegeben: Schneise im S. 15° , SW.-Zipfel 34° , Mitte der Seewand 28° . Es hat wenig Zweck, für ein solches Amphitheater einen arithmetischen Mittelwert der Neigung zu konstruieren; aber soviel erhellt aus dem Zahlenmaterial, daß Baybergers Angabe von 75° weit übertrieben ist, und daß wir dafür etwa $30\text{—}35^{\circ}$ einzusetzen haben. So kommt es, daß der Seewandberg in der Luftlinie 775 m, der Horizontalweg 200 m vom hintern Seerande zurückweicht. Eine solche Neigung gestattet eine reichliche Bewaldung, und so finden wir auch überall, mit Ausnahme einiger Steilabbrüche, hohen Nadelwald, zur Freude des Försters, dem Forscher zum Nachteil; denn er erschwert das weitere geologische Studium außerordentlich.

Der Weg durch die Seewand enthüllt uns eine eigentümliche Bildung der Felsen; fast überall am Wege bilden die stark gefalteten Glimmerschiefer sanft gerundete Buckel, ohne daß man etwa eine Stoß- und Leeseite unterscheiden könnte. Da die Schichten auf dem Kopfe stehen, ragen die reichlichen Quarziteinlagerungen als schön geschwungene Rippen aus dem Gestein hervor, während die Muskovit-schichten dazwischen eingetieft sind. Von Kritzungen liefs sich selbst auf den Quarzen nichts nachweisen; auch diese erschienen an der Oberfläche meist angebrochen und zeigten nur dort einige Glättung, wo Wasser darüber fließt. Verfolgen wir den obern Abschnitt des Seebachs weiter, so begegnen wir dieser Erscheinung im Bachbette

noch oft. Merkwürdig ist, daß auch da, wo die Forstverwaltung parallele Horizontalgräben angelegt hat, der bloßgelegte Fels vollständig glatt erscheint. Ich habe noch auf eine weitere Strecke die dürftige Vegetationsschicht abgehoben und darunter ebenfalls Glättung beobachtet. Einige feine Kritzlinien zeigten abwärts. Die Rundbuckel am Horizontalwege sind übrigens bereits von Penck erwähnt worden.

Wenden wir uns nun dem absperrenden Walle des Sees zu. Die reiche Bewaldung macht es auch hier unmöglich, eingehende Studien zu treiben; aber so viel ist zu erkennen, daß wir es nicht mit einem typischen, aus dem Terrain scharf hervortretenden Damm zu thun haben. Vom See aus gesehen, erhebt sich der Boden vom Ausfluß nach SW. zu allmählich bis zu ca. 15 m. Das tiefste Stück geht in gleichmäßiger Neigung abwärts, ohne plötzlichen Abfall. Überall finden wir kleinere und größere Glimmerschieferblöcke, halbverdeckt von Heidelbeer- und Himbeergestrüpp; schwarze Walderde überbrückt leicht die Zwischenräume, bisweilen auch brauner Lehm; nirgends ein Stück anstehendes Gestein, so daß es verlorne Mühe wäre, hier entscheiden zu wollen, ob ein reiner Blockwall oder eine durch Blöcke maskierte Felsschwelle vorliegt. Der Seebach eilt mit ca. 10° Neigung zwischen einem Haufwerk von Blöcken thalabwärts und ergießt seine Wasser zusammen mit dem Eisenbach in den großen Regen.

Der Wasserstand des Sees läßt sich durch eine 3 m tiefe Schleuse, die bei ihrer Anlage im Jahre 1838 nirgends festen Fels bloßgelegt hat, regulieren. Da zur Zeit glücklicherweise der See bis auf den Grund der Schleuse entleert war, wurde eine Untersuchung eines ziemlich breiten Uferstrichs rings um den See möglich. Links vom Seebach, also am eigentlichen Wall liegen überall große eckige Blöcke, wirr zusammengeworfen, dazwischen kopf- bis faustgroße Gerölle in einem Streifen von ca. 2 m Breite. Da, wo das Ufer scharf umbiegt, mündet ein kleiner Bach, der sich einen Schuttkegel aus feinem Sande in den See hineingebaut hat und durch zahlreiche dürre Baumstämme das Gebiet seiner Anschwemmung markiert. Die Mündungsbucht ist ca. 20 m breit. Ein zweiter Bach mündet nicht weit davon in einem künstlich abgestochenen Bette und hat einen flachen Strand geschaffen, der ca. 7 m breit entblößt ist und noch auf 3 m ins Wasser hinein sichtbar bleibt. Nun kommen große Parteen von anstehenden, gerundeten Glimmerschieferfelsen. Breite Streifen glimmerreicher Varietäten sind ausgewittert; große Quarzlinsen ragen hervor. Auf einer Geröllhalde liegen zahlreiche Pegmatitblöcke, und mitten zwischen den Glimmerschieferlagen können wir das allmähliche Hervorgehen derartiger Ablagerungen aus dem Hauptgestein verfolgen. Dann

kommt abermals die Mündung eines Baches und jenseits eine lange Reihe anstehender Felsen, an denen die regelmäßige Wassermarke 3 m über dem jetzigen Spiegel zu sehen ist. Alle diese Felsen zeigen Rundhöckerform und fallen in einem Winkel von $20-40^\circ$ ins Wasser, wo die Rundung anhält, soweit das Auge reicht. Durch das Vortreten der gewellten Quarzrippen erscheint das Gestein schön gemasert, und an einigen Partien hat es durch das Auswittern widerstandsfähiger Granaten eine variolitische Struktur angenommen. Ziemlich in der Mitte des Seewandufers zieht sich eine 15 m breite Ausbuchtung, angefüllt mit schwarzer Modererde und Baumleichen, landeinwärts und setzt sich in eine wilde, zerklüftete Schlucht mit einer Neigung von $25-30^\circ$ fort. Nachdem wir jenseits der Bucht wieder ein Stück festen Felsens passiert haben, kommen wir zur Mündung des Hauptbaches, an der der Strand ca. 3 m entblößt ist. Der Bach hat seinen Schuttkegel, der noch 5 m weit zu sehen ist, mehr nach der Richtung des rechten Ufers gebaut. Jenseits finden wir am Abhange einige quarzreiche Glimmerschieferriffe, die sich auch unter dem Wasser noch fortsetzen und dort in schön gerundeten Formen erscheinen. An einem dieser Höcker, nur ca. $\frac{1}{2}$ m über dem jetzigen Wasserstande, zeigte sich eine Stelle von wenigen Quadratcentimeter Größe, spiegelglänzend und mit feinsten Kritzung in der Richtung nach dem Seeausfluß. Diese Erscheinung durch recenten Eisschub zu erklären, ist nicht gut angängig, da die betreffende Stelle fast nie entblößt ist und auch von den dicksten Schollen nicht erreicht wird. Nachdem wir einen letzten Bach mit breitem Schuttkegel überschritten haben, verflacht sich das Ufer zu einem 6 m breiten flachen Vorstrand, der bis zu dem tief in Blöcke eingesenkten Abfluß reicht.

Unser Rundgang unter den besonders günstigen Verhältnissen befähigt uns, verschiedene frühere Urteile zu korrigieren. Zunächst sehen wir, daß fester Fels den Hinterrand des Beckens bildet und daß wir im ganzen Umkreis demselben typischen Glimmerschiefer begegnen. Baybergers Angabe (S. 34), daß die eine Hälfte im Gneiß, die andre im Glimmerschiefer eingetieft sei, entbehrt somit der Begründung.

Seebecken.

Der See, dem ein Niederschlagsgebiet von 105 ha tributpflichtig ist, hat nach der planimetrischen Messung ein Areal von 9 ha 71 a 57 qm, das sich folgendermaßen auf die einzelnen durch Isobathen eingeschlossenen Streifen¹ verteilt. Zwischen dem eigentlichen Ufer

¹ Die Streifen wurden durch Subtraktion der nächstliegenden Innenfläche von der äußeren berechnet.

— 0 m	=	0 ha 80 a 90 qm
0—5	=	1 - 35 - 07 -
5—10	=	1 - 65 - 09 -
10—15	=	1 - 40 - 94 -
15—20	=	1 - 67 - 04 -
20—25	=	1 - 10 - 27 -
25—30	=	1 - 00 - 48 -
über 30	=	— - 71 - 78 -

Um zu zeigen, wie schwankend die Arealangaben in unserm Gebiete sind, seien folgende Vergleichszahlen angeführt: Krejici¹ 40 Joch, Möchel², Bohemia 9 ha oder 15,63 Joch, Möchel, Führer³ 23,0 ha, Kataster⁴ 17 Joch 630 Quadratklafter oder 10 h — a 94 qm.

Die 72 Lotungen ergaben folgende Resultate:

Linie a—b: 8. 7.

c—d: 6. 16,5. 16,5. 10,5. 7,5.

e—f: 10. 18. 21,5. 23,5. 26,5. 20,5. 19,5. 16. 11. 7.

g—e: 5. 9,5. 17. 20,5. 26. 31. 31. 31. 29. 23. 21. 16. 6,5.

e—h: 7. 8,5. 10,5. 9,5. 2.

h—g: 10. 14. 28. 29. 26. 23. 19. 11. 6.

g—i: 5,5. 17. 17. 13. 7. 4. 2.

k—g: 4. 11. 15. 23. 26. 21. 7.

k—l: 9. 18. 21,5. 28. 32. 33. 32,5. 29. 20. 12. 8. 5,5. 5,2.

Die Maximaltiefe ist also 33 m, ungefähr in der Mitte des Sees und zugleich in der Mitte der Hohenzollernschen Gebietsgrenze. Wenn wir den höchsten Wasserstand als den am längsten andauernden und folglich als den normalen ansehen, müssen wir dem See eine Maximaltiefe von 36 m zu teilen (Möchel, Führer 34 m, Bayberger 35 m). Die gegenwärtige Uferlinie wurde auf der Karte als Isobathe von 0 m eingetragen. Eine weitere Betrachtung der Tiefenkarte zeigt uns, daß das Becken ziemlich regelmässig gebaut ist und in gleichmässiger Böschung von ca. 7—10° von allen Seiten nach dem Centrum zu abfällt. Bemerkenswert ist, daß der Abfall auf der Wallseite fast ebenso rasch erfolgt, als in den steilsten Stellen unterhalb der See-

¹ Wenzig und Krejici, Der Böhmerwald 1860.

² Auf den Osser über den Teufelssee und Schwarzen See. Bohemia 1877, Nr. 91.

³ Möchel, Průvodce na trati Plzen-Eisenstein-Deggendorf 1878, S. 130.

⁴ Wenn die Katasterangaben etwas höher sind als die vom Verf. gefundenen, so liegt das einerseits darin, daß dieselben nach den gradlinig ausgeführten Katasterblättern berechnet sind und meist nicht die Seefläche i. e. S., sondern das unproduktive Forstgebiet, also auch den angrenzenden Sumpf einschließen.

wand. Die Grundproben zeigten, daß nur an wenigen Stellen Fels freiliegt; fast überall kam ein hellbrauner feiner Schlamm aus organischen Resten herauf, in dem zahlreiche Glimmerschüppchen glänzten.

Das Volumen der Wassermasse zu berechnen, können wir verschiedene Wege einschlagen. Forel¹ rät, zur Gewinnung approximativer Werte die Masse als einen Kegel zu betrachten, dessen Basis die Seeoberfläche, dessen Höhe die Maximaltiefe ist. Darnach würde der Teufelssee eine Wassermenge von 1 068 727 cbm fassen (bei Maximalwasserstand). Doch lehrt uns eine kurze Überlegung, daß bei einer derartigen Auffassung die Mantelfläche des Kegels fast überall nach außen vorgewölbt, daß also das Ergebnis eine zu niedrige Zahl sein wird. Auch Forel erhielt auf diesem Wege für den Genfer See nur 0,67 % des wahren Wertes. Will man trotzdem einen einheitlichen Körper der Berechnung zu Grunde legen, so ist — eine gleichmäßige Verteilung der Lotstellen vorausgesetzt — vielleicht geraten, den Cylinder zu berechnen, dessen Basis die Oberfläche, dessen Höhe das arithmetische Mittel der gewonnenen Tiefenzahlen ist. Darnach erhalten wir 1 875 130 cbm. Am genauesten, wenn auch am umständlichsten wird der Wert erhalten, wenn jeder von zwei Isobathen eingeschlossene Streifen mit der mittleren Tiefe desselben multipliziert wird. Auf diese Weise erhalten wir folgende Werte:

— 0 m =	8 494,5 cbm
0— 5 - =	74 288,5 -
5—10 - =	173 344,5 -
10—15 - =	218 457,0 -
15—20 - =	342 432,0 -
20—25 - =	281 188,5 -
25—30 - =	306 464,0 -
über 30 - =	21 534,0 -

Gesamt-Volumen = 1 426 203,0 cbm

Wir sehen, daß unser erster approximativer Wert — ähnlich wie bei Forel — nur 0,74 % angiebt, der zweite dagegen 1,31 %. Wir werden in den übrigen Fällen uns nur der genaueren Methode bedienen.

Die Volumenzahl setzt uns in den Stand, die mittlere Tiefe nach der Formel: $T_m = \frac{V}{F}$ zu berechnen; dies ergibt 14,7 m (das arithmetische Mittel der Tiefenzahlen [+ 3 m] würde 19,3 m ergeben!)².

¹ Le Léman I, S. 27.

² Für morphometrische Berechnungen derartiger Seebecken haben wir eine eingehende Studie in Peuckers „Morphometrie der Koppenteiche“; weitere An-

Chemie.

Die neueste Wasseranalyse von Dr. J. Hannamann¹ ergibt folgendes Bild. 1 l Seewasser enthielt mg:

Natron	2,20
Kali	0,98
Kalk	0,97
Magnesia	0,85
Manganoxyd	0,18
Eisenoxyd und Thonerde	0,12
Kieselsäure	2,65
Schwefelsäure	3,50
Chlor	0,95
Kohlensäure	0,23
Quellsäure	} 6,94
Humussäure und Ex- traktivstoffe	

Summa 19,57

Sauerstoff ab f. Chlor . 0,21

19,36 mg.

Der gesamte Trockenrückstand betrug also 19,36 mg pro l; davon waren 12,42 mg mineralischen, 6,94 mg organischen Ursprungs.

Bestandteile des Gesamtrückstandes	des Mineralrückstandes in %	
Natriumoxyd	11,31	17,51
Kaliumoxyd	5,00	7,74
Calciumoxyd	4,97	7,69
Magnesiumoxyd	4,33	6,70
Eisen- und Aluminiumoxyd	0,60	0,91
Manganoxyd	0,90	1,40
Schwefelsäure	17,92	27,75
Kohlensäure	1,15	1,79
Chlor	4,90	7,59
Kieselsäure	13,51	20,92
Organische Stoffe	35,41	Summa 100,00
Summa 100,00		

regung giebt Geistbeck in „Die Seen der deutschen Alpen“. Es wurde in vorliegender Arbeit manches ausgeschieden, was für den praktischen Geographen wenig Wert hat. Einige Zahlen, die durch den Vergleich erst brauchbar werden, finden sich in der Übersichtstabelle, S. 56.

¹ Archiv d. naturwiss. Landesdurchforsch. v. Böhmen, Bd. X, Nr. 3, 1897, S. 24.

Wir konstatieren zunächst die auffallende Armut an Mineralstoffen im Gegensatze zu dem Vorherrschen der Extraktivstoffe organischen Ursprungs. Unter den Mineralien besitzen die Alkalien das Übergewicht. Das Wasser des Teufelssees ist weicher, als das der oberen Moldau, welches zu den weichsten Flußwässern Europas gehört. Die an Kali, Magnesia, Kalk und Eisen gebundene Schwefelsäure¹ stammt aus dem eingesprengten Schwefelkies des Urgebirgs und den organischen Zersetzungsprodukten des Waldes. Der geringe Gehalt an gelöstem doppeltkohlensaurem Kalk ist ein wesentliches Hindernis für eine erfolgreiche Fischzucht.

Thermische Erscheinungen.

Wer nicht in der Lage ist, in längerem Aufenthalte an jedem See reiches Beobachtungsmaterial über die thermischen Verhältnisse zu gewinnen, muß mindestens die wenigen Angaben vergleichbar zu machen suchen, indem er den momentanen Einfluß der Luft, der direkten Bestrahlung, der Niederschläge, der Temperatur einfließender Gewässer in Rechnung bringt. So ungünstig nun auch der Sommer 1896 besonders für Feststellung täglicher Schwankungen war, so hatte er doch den einen Vorteil, daß er ziemlich gleichmäßig blieb: kühl, bewölkt, täglich mit einigen Niederschlägen².

¹ Die auffälligen Zahlen für Kaliumoxyd und Schwefelsäure veranlassen uns, unter Hinweis auf die Anmerkung 2, S. 24 einigen Zweifel in die Richtigkeit der Analyse zu setzen.

² Zur besseren Beurteilung der Witterungsverhältnisse geben wir die Regentabelle der Station Arbersee vom August 1896.

1. Aug.	19,2 mm	16. Aug.	0,7 mm
2. -	31,5 -	17. -	6,2 -
3. -	24,1 -	18. -	10,5 -
4. -	— -	19. -	— -
5. -	6,9 -	20. -	— -
6. -	14,4 -	21. -	0,7 -
7. -	1,2 -	22. -	19,1 -
8. -	1,9 -	23. -	5,9 -
9. -	8,3 -	24. -	4,6 -
10. -	1,1 -	25. -	2,9 -
11. -	0,4 -	26. -	18,2 -
12. -	— -	27. -	0,7 -
13. -	5,7 -	28. -	— -
14. -	— -	29. -	— -
15. -	10,0 -	30. -	1,8 -

Summa 196,0 mm

Am Teufelssee wurden zunächst folgende vorbereitenden Zahlen gewonnen:

		Luft	Seeoberfl.	Nörtl. Bach	Hauptb.	Ausfl.	Seebach b. Girglhof (2 km abw. v. See)
9. Aug.	8ha	13° C.	14,25°	10°	9,25°	13,5°	10,5°
	12h	14,5°	14,75°	—	—	14,75	—
	8hp	13°	15°	10°	11,25°	15	(nach Gewitter)
10. Aug.	8ha	14	14,75°	10,75°	10,5°	14,5°	10,5°
	8hp	11,5°	15,5°	—	—	—	—

Die Hauptmessung wurde am 11. August mittags 12^h vorgenommen¹. Zu dieser Zeit zeigte der nördliche Bach 12°, der Hauptbach 10°, der SW.-Bach 9,5°, der Zufluß an der südlichen Schneise 9,25°, der Ausfluß 14,5°, die Luft 12°. Das Seewasser ergab in den einzelnen Tiefen folgende Temperaturen:

Oberfläche		15°	Differenz
1	m	14,75	0,25
2	-	14,25	0,5
3	-	14	0,25
4	-	13	1,0
5	-	9,5	3,5
6	-	8	1,5
7	-	7	1
8	-	5,75	1,25
9	-	5,5	0,25
10	-	5,25	
11	-	5,25	
12	-	5,25	
13	-	5	
14	-	5	
15	-	4,5	
20	-	4,5	
25	-	4,5	
30	-	4,5	(Vergl. die graph. Darstellung auf Taf. IV.)
32,5	-	4,75	

Eine lohnende Betrachtung dieser Zahlen wird uns erst im allgemeinen Teile möglich sein, wenn wir imstande sind, die einzelnen Seen zu vergleichen. Vorläufig wollen wir nur folgende Hauptergebnisse konstatieren: Die Zuflüsse haben durchschnittlich 9—11°, der

¹ Um das Material vergleichbar zu machen, wurde auch an den übrigen Seen die Hauptmessung mittags und möglichst unter denselben Witterungsverhältnissen vorgenommen.

Ausfluß über 14° ; doch kühlt sich das im See auf höhere Temperatur gebrachte Wasser in kurzer Entfernung wieder auf $10-11^{\circ}$ ab. Die Oberfläche zeigte sich wärmer als die Luft; bei 4 m Tiefe sank die Temperatur plötzlich um mehrere Grad, nahm dann langsamer ab und blieb schliesslich in der ganzen unteren Hälfte des Beckens unter 5° . Die geringe Erhöhung der Temperatur bei 32,5 m ist jedenfalls nur einer Berührung des Instrumentes mit dem Schlamme zuzuschreiben.

Optische Erscheinungen.

Alle Böhmerwald-Seen stehen in dem Rufe, sehr düster und undurchsichtig zu sein. Vom Teufelssee gilt dies in besonderem Masse, und in der That ergab sich nur eine Sichtbarkeitsgrenze von 2,3 m. Es liegt auf der Hand, daß eine solche einzelne Zahl keinen objektiven Wert hat, denn das Ergebnis ist zunächst von verschiedenen äußeren Umständen abhängig. Krümmel¹ giebt deren einige an:

1. Bei Sonnenlicht haben wir nach P. Secchi immer grössere Sichttiefe.

2. Bei geringer Augenhöhe ist die Sichtbarkeit grösser, als bei gesteigerter.

3. Leichte Kräuselung der Seeoberfläche stört sehr, und zwar um so mehr, je näher das Auge dem Wasserspiegel.

4. Hoher Sonnenstand giebt bessere Beleuchtung (Forel fand allerdings nur im Winter eine Abhängigkeit der Sichttiefe von der Sonnenhöhe).

Außerdem schwankt aber die Durchsichtigkeit thatsächlich; im Sommer sind die Seen stets weniger durchsichtig als im Winter und zwar aus folgenden Gründen²:

1. Warmes Wasser kann nach Wild mehr Licht absorbieren (Forel ist allerdings der Ansicht, daß nicht die Absorption des Lichtes, sondern die Gegenwart des Staubes in Suspension die Ursache sei).

2. Im Sommer ist eine grössere Entwicklung organischen Lebens, besonders der Makrobioten.

3. Im Sommer ist das Wasser nach der Wärme geschichtet. Dabei schwankt die Dichte von 1,000—0,9976, und es findet eine

¹ Bemerkungen über die Durchsichtigkeit des Meerwassers. Annalen d. Hydrogr. 1889, S. 62. (Dort auch eine geschichtliche Darstellung der verschiedenen Messungsmethoden).

² Vgl. Forel, Le Léman II, S. 418.

Forel, Transparenz und Farbe des Bodensees; übersetzt v. Graf Zeppelin. Schriften des Ver. f. d. Geschichte des Bodensees und seiner Umgebung. 1893. H. 22.

größere Anzahl der Stoffe eine ihrem specifischen Gewicht entsprechende Wasserschicht, wo sie schweben können.

4. Im Sommer kommunizieren die Oberflächenschichten nur wenig mit der Hauptwassermasse, sondern sind scharf abgesetzt. Daher behalten sie die Staubteilchen lange.

5. Im Frühling und Sommer ist das Wasser der kleinen Zuflüsse leichter, als das Oberflächenwasser. Es bleibt deshalb mit allen seinen Unreinigkeiten lange oben.

Nach der Instruktion von P. Secchi ist bei Angabe der Durchsichtigkeit zugleich zu notieren: Beschaffenheit des Himmels, Zustand der Atmosphäre, des Sees. Diese Umstände waren bei den Beobachtungen an unsern Seen meist ziemlich gleichartig: trüber Himmel, wenig bewegte Luft, ruhige Seeoberfläche. Eine Zunahme der Durchsichtigkeit nach dem Ausgange des Sees zu, wie sie Forel angiebt, wurde nicht beobachtet.

Eigentümliche Erfahrungen macht man bei Beurteilung der Farbe des Wassers. Steht man in einiger Höhe über dem Wasserspiegel, so wird derselbe, selbst bei klarem Himmel, tief dunkel, fast schwarz erscheinen, und nur der Reflex der grünen Fichten verleiht ihm einen freundlichen Zug. Senkt man die weiße Scheibe ins Wasser, so wird die Eigenfarbe derselben sehr bald durch einen gelblichbraunen Ton ersetzt, der natürlich mit zunehmender Tiefe immer intensiver wird. Diese Wahrnehmung stimmt überein mit der Angabe der Reisehandbücher, daß alle Gewässer des Böhmerwaldes kaffeebraun gefärbt seien, eine Angabe, die uns drastisch belegt wird, wenn wir z. B. die Ilz bei Passau in die grünlichblaue Donau münden sehen. Nehmen wir endlich die Untersuchung bei Abschluß des reflektierten Lichtes mit Hilfe unsrer Skala vor, so sind wir erstaunt, wie stark sich dem Braun eine grüne Nuance beimengt. In der Skala, in der doch erst Nr. 21 das tiefste Braun, 11 aber das reine Grün angiebt, zeigte der Teufelssee (am 4. Sept., bei Sonnenschein und Windstille) die Farbe Nr. 15, d. h. ungefähr Olivengrün. Da reines Wasser nach Bunsen eine blaue Eigenfarbe besitzt, müssen hier Stoffe vorhanden sein, die die bedeutende Abweichung bedingen. Die Ursache derselben liegt nach den Untersuchungen von Wittstein¹ und Spring² in dem Vorhandensein von organischer Materie einerseits und gelösten Alkalien andererseits, da nur letztere imstande sind, Humussäure im Wasser gelöst zu halten. Wir können also aus dem Grade der Bräunung

¹ Sitzungsbericht der K. B. Akad. d. Wissensch., 1860, S. 603.

² Nach Müller-Peters, Lehrbuch der kosmischen Physik 1894.

einen Rückschluß machen auf den Gehalt an Alkalien, und dieser wiederum wird uns erklärlich aus dem Reichtum des umgebenden Gesteins an Kaliglimmer.

Biologie.

Wir können lange auf dem See fahren, ohne auch nur eine Spur organischen Lebens zu entdecken, und es ist leicht erklärlich, wenn das Volk zu der Ansicht kam, das Wasser sei nicht befähigt, Organismen zu erhalten. Eine kürzlich publizierte Skizze der Flora des Schwarzen und Teufelssees von Karl Polák¹ bestätigt das Urteil in gewissem Umfange: „Bei der botanischen Durchforschung dieses Gebietes entsteht hier ein für die Flora gewissermaßen negatives Interesse, indem man wahrzunehmen beginnt, daß hier eine Menge von gewöhnlichen Pflanzenarten fehlt, die man auf anderen Lokalitäten unter gleicher Höhe und an demselben Substrat, gewiß finden würde, sei es auch, daß der Gneiß (?), das hier vorkommende Gestein, von vielen Pflanzenarten so gemieden wird, wie der rote permische Sandstein“. Vor allem läßt sich konstatieren, daß von jenen Wasserpflanzen, deren Vorhandensein für die Entwicklung der verschiedenen, als Fischnahrung geschätzten Kerbtiere so wichtig ist, sich mit Ausnahme einer kleinen Kolonie von *Glyceria fluitans* keine Spur findet. Man kann bereits hieraus den Schluß ziehen, wie artenarm auch die Insektenfauna sein muß, die den See bewohnt und das Leben höher organisierter Tiere erst ermöglicht.

Über die Zusammensetzung der Fauna verdanken wir höchst wertvolle Aufschlüsse den Untersuchungen von Frič, die mit den wissenschaftlichen Interessen vor allem auch die volkswirtschaftlichen, die Erwägungen einer event. Fischzucht verbanden. Nachdem bereits vor längerer Zeit die vorläufigen Ergebnisse veröffentlicht worden sind, hat Frič in den Jahren 1894 und 1896 eine „fliegende Station“ am See unterhalten². Aus den Untersuchungen ergibt sich allerdings eine auffallende Armut an größeren Wassertieren. Denn außer den Forellen, Bach- und Seesaiblingen, die erst künstlich hierher versetzt worden sind, birgt der See nur noch Triton alpestris. Reich dagegen ist der Bestand an kleinen Formen, Crustaceen, Insektenlarven etc., auf die einzugehen wir uns für die Darstellung des Schwarzen Sees vorbehalten.

¹ Archiv d. naturwiss. Landesdurchforsch. v. Böhmen. Bd. X, Nr. 3, 1897, S. 11.

² Bis Abschluß vorliegender Arbeit sind nur die ersten drei Druckbogen des Berichtes über die Ergebnisse erschienen. Frič-Vávra a. a. O.

Der Schwarze See.

Topographie und Geologie der Umgebung.

Der Schwarze See liegt in demselben Glimmerschiefer eingetieft, wie der Teufelssee; derselbe Gipfel (1343 m) überragt ihn im SW., während im W. das etwas niedrigere Zwereck (1270 m) den Kulminationspunkt der Seewand angiebt. Da der Seespiegel 1003 m Meereshöhe hat, erhalten wir eine relative Höhe der Wand von 335 m die bei ihrer Steilheit einen imposanten Eindruck macht. Der Cirkus bildet keine gleichmäßige Rundung; während der nw. Teil hart am See in voller Steilheit aufsteigt, legt sich die SW.-Hälfte weit zurück und giebt einem ziemlich breiten, flacheren Vorland Raum. Der Neigungswinkel des vorderen Teils beträgt 45° , hinten zunächst nur 15° . Folgen wir einem beschwerlichen, fast unkenntlichen Pfade aufwärts, so kommen wir durch Stellen mit 40° , weiter oben mit 25 bis 30° . Hier und da ragt ein nackter Fels aus dem Hochwald hervor unersteigbar für den Menschen, unfähig, auch nur eine Grasdecke zu erhalten. Und doch ergibt sich auch für diese steile Seewand nur eine Gesamtneigung von 30° (Bayberger 80°). Der Hintergrund des zurückgelegten Cirkusteiles ist eingenommen von mächtigen in der Sonne oft spiegelnden Felswänden. Um Harnischbildungen festzustellen, versuchte Verfasser in einer Wasserrunse von 55° Neigung mitten in diese Wände zu gelangen. Nach ca. 30 m höchst beschwerlichen Abstiegs mußte das Vorhaben leider aufgegeben werden, ohne daß die Harnische wirklich konstatiert werden konnten. Trotzdem unterliegt es keinem Zweifel, daß diese 65° steile, glatte Wand eine kolossale Verwerfung in der Richtung NO.—SW. darstellt. Die losgelösten Felspartieen liegen zum Teil als mächtige Blöcke in der Tiefe, zum Teil mag sie auch der See bedecken. Ein Modell des Schwarzen Sees, das im vorigen Jahre für das Böhmisches Museum in Prag angefertigt worden ist, zeigt noch eine zweite parallele Verwerfung, die aber in der Natur nicht genau verfolgt werden konnte. Eine senkrechte Kluft durchzieht die Seewand an ihrer vorderen steilsten Stelle und setzt sich auch in den See hinein noch fort. In der Nähe dieses Punktes, wo ein schmaler Pfad den See umgeht, bemerkt man bisweilen auch gerundete Felsen, ähnlich denen am Teufelssee, doch nie in so typischer Ausbildung. Die SO.-Flanke des Beckens senkt sich — ein weites Thor öffnend — allmählich herab, zeigt an ihrer Hauptschneise einen Abfall gegen den See von 30° . An der N.-Flanke, die ebenfalls nur niedrig bleibt, ist durch Wegebau eine Ablagerung aufgeschlossen, die in gelbem Lehm große und

kleine, gerundete wie eckige Glimmerschieferblöcke enthält und die durch Frič als Gletscherablagerung bezeichnet worden ist.

Wenden wir uns dem Ausgange des Amphitheaters zu, so finden wir hier noch weniger, als am Teufelssee einen ausgesprochenen Wall. Das Wasser, das durch künstliche Mittel hochgestaut ist¹, erreicht nahezu die Höhe des Dammes, der von da aus ein ziemliches Stück in flachster Neigung sich hinzieht und dann ganz allmählich ins Thal hinabsenkt. Der Seebach entströmt dem See in tiefer Rinne, die sich kaum 8° neigt. An den vielen umherliegenden Blöcken läßt sich absolut nichts Bemerkenswerthes entdecken; von anstehendem Gestein ist auch hier keine Spur.

Seebecken.

Der Schwarze See ist das größte und zugleich das tiefste Becken des Böhmerwaldes. Sein Areal beträgt:

0— 5 m	=	2 ha 98 a 59 qm
5—10 -	=	1 - 96 - 02 -
10—15 -	=	3 - 34 - 75 -
15—20 -	=	4 - 01 - 48 -
20—25 -	=	1 - 12 - 85 -
25—30 -	=	1 - 55 - 91 -
30—35 -	=	1 - 61 - 75 -
35—40 -	=	1 - 23 - 60 -
über 40 -	=	0 - 56 - 40 -

Gesamt-Areal 18 ha 41 a 35 qm.

Das Kataster giebt 18 ha 93 a 23 qm oder 32 Joch 1440 Quadrat-Klafter, Möchel, Boh. 19 ha oder 33 Joch, Möchel, Führer 36,8 ha, Krejici 64 Joch, Mayenberger 37 ha.

Die Zahlen der 10 Lotlinien sind folgende²:

g— d: 5. 9,5. 16. 26. 31,5. 31. 28,5. 30. 28. 22. 18. 14. 15. 15. 13.

15. 19. 19. 18. 12. 8. 4. 4,5.

o— n: 4,5. 10. 10. 5.

p—m: 10. 13,5. 13,5. 15,5. 16. 11.

¹ Nach Partsch (a. a. O., S. 108) ist die Schleuse, die eine Stauung von 2,5 m zuläfst, in eine feste Schwelle gesprengt worden. Diese Angabe beruht sicher auf einem Irrtum.

² Die bereits erwähnte Schrift von Frič-Vávra enthält ebenfalls eine Tiefenkarte des Schwarzen Sees. Die betreffenden Messungen haben den Vorteil, daß sie während einer langen Zeit nur bei völliger Windstille ausgeführt wurden, während der Verfasser durch Wellenschlag bei der Ortsbestimmung zu leiden hatte. Durch einen weit rascher arbeitenden, genaueren Lotapparat wurde dieser Mangel einigermaßen ausgeglichen.

a—b: 10. 15. 18,5. 18,5. 17. 14. 11. 8,5. 9,5. 2,5.

a—c: 11. 16,5. 20. 25,5. 28,5. 32. 33,5. 33. 27,5. 28,5. 28. 24. 17.
9,5. 4,5.

a—h: 11. 18. 28. 29. 39. 40. 40. 29. 14. 4.

k—h: 6. 14. 17. 23. 29. 34. 32. 29. 20. 19. 16. 14.

i—l: 12. 17. 22. 28. 34,5. 38. 39. 38. 37. 35. 34. 27. 19. 11. 6,5.

k—q: 11. 11. 3.

g—c: 5. 7,5. 7. 9. 3.

Daraus ergibt sich ein Maximum von 40 m (Möchel nach Prášek 90 m, Möchel, Führer 57 m, Krejici 13 m (46'), Bayberger 38 m, Frič 40 m, Komárek¹ 43 m.

Die tiefste Stelle entspricht in ihrer Lage der steilsten Neigung der Seewand und jener Stelle, wo eine Verwerfungsspalte in die Tiefe setzt. Außerordentlich rasch nimmt dort die Tiefe vom Ufer aus zu und beträgt ca. 20 m von demselben bereits 29 m. Die tiefere Partie des Sees bildet eine Wanne, deren Längsaxe parallel der Seewand verläuft und die sich nach N. senkt. Der südliche Zipfel ist durch die massenhaften Alluvionen des einmündenden Baches und durch Trümmerwerk sehr seicht geworden. Auch der vordere Teil des Sees ist verhältnismäßig seicht und gleicht mit seinem sanften Abfalle mehr einem Plateau. Bemerkenswert ist eine abermalige Zunahme der Tiefe am Kreuzungspunkte unserer Linien g—d und p—m. Die Karte von Frič-Vávra weist eine ähnliche Erscheinung in der Nähe des vorletzten Meßpunktes unserer Linie a—b auf. Eine Isobathenkarte zeigt hier, mehr wie in den übrigen Fällen, nur ein sehr schematisches Bild der Bodenplastik. Rascher Wechsel von tiefen und seichten Stellen in der hinteren Beckenhälfte, sowie die Wahrnehmung, daß das Lot sehr oft keine Bodenprobe mit heraufbringt, lassen uns schliessen, daß mächtige Blöcke den Boden bedecken, gewissermaßen das Landschaftsbild der Umgebung in der Tiefe fortsetzend. Eine von Vávra bei Niedrigwasser aufgenommene Photographie des Ausflußbezirkes zeigt, daß auch dort, soweit der Grund entblößt wird, ein Chaos von Blöcken denselben bedeckt.

Das Volumen des Wassers wurde folgendermaßen ermittelt:

0—5 m	=	74 647,5 cbm
5—10 -	=	147 015,0 -
10—15 -	=	418 437,5 -
Übertrag		640 100,0 cbm

¹ J. Komárek, Die fürstl. Hohenzoll.-Forstverwaltung Eisenstein. Prag 1882, S. 17.

Übertrag	640 100,0 cbm
15—20 m =	702 590,0 -
20—25 - =	253 912,5 -
25—30 - =	428 752,5 -
30—35 - =	525 687,5 -
35—40 - =	463 500,0 -
40 - =	225 600,0 -
Summa	3 240 142,5 cbm

Da der Seespiegel durch die Schleuse um 2,5 m tiefergelegt werden kann, so steht der Forstverwaltung für etwaigen Holztransport die stattliche Wassermenge von ca. 460 000 cbm zur Verfügung.

Die mittlere Tiefe läßt sich aus dem Volumen auf 17,0 m berechnen.

Chemie.

Durch die Untersuchungen von Metzger¹ sind wir in den Besitz folgender Analyse des Seewassers gelangt²:

In 1000 ccm ist ein Trockenrückstand von 0,0620 ccm.

1000 ccm Wasser enthalten:

	gr		gr
NaCl	0,003 815	oder Na ₂ O	0,008 910
K ₂ SO ₄	0,005 785	K ₂ O	0,007 810
Na ₂ O	0,006 894	CaO	0,002 000
K ₂ O	0,004 685	MgO	0,000 760
CaCO ₃	0,003 570	Cl	0,002 315
MgCO ₃	0,001 596	SO ₃	0,002 660
SiO ₂	0,003 080	SiO ₂	0,003 080
Al ₂ O ₃ }	0,000 640	Al ₂ O ₃ }	0,000 640
Fe ₂ O ₃ }		Fe ₂ O ₃ }	
		CO ₂ geb.	0,003 410
Summa	0,030 065		0,030 585

100 Teile Rückstand enthalten:

¹ C. Metzger, Beiträge zur Kenntnis der hydrogr. Verhältn. d. bayr. Waldes. Diss. Erlangen 1892, S. 14.

² Die Analyse von Dr. J. Hannamann zeigt so bedeutende Abweichungen, daß unmöglich beide Ergebnisse gleich vertrauenswürdig sein können. Da Herr Dr. H. auf briefliche Anfrage hin selbst die Möglichkeit von Fehlern in seiner Analyse zugiebt — hervorgerufen durch ungeeignete Entnahme der ihm übersandten Wasserprobe oder durch fehlerhafte Manipulationen seines Laboranten — und da er sich entschlossen hat, eine neue Analyse vorzunehmen, verzichten wir auf eine Verwendung seiner Ergebnisse und verweisen auf seine Darstellungen a. a. O. S. 23.

	%
Na ₂ O	29,14
K ₂ O	25,57
CaO	6,54
MgO	2,48
Cl	7,56
SO ₃	8,90
SiO ₂	10,07
F ₂ O ₃ }	2,09
Al ₂ O ₃ }	
CO ₂ geb.	7,88
Summa	100,23

Weit mehr, als in der Analyse des Teufelssee-Wassers springt uns hier die große Menge von Alkalien in die Augen, die sich erklären läßt durch das Vorherrschen des Glimmers im umgebenden Gestein, da der Kaligehalt im Glimmer bis zu 14 % steigen kann. Die chemische Analyse bestätigt also die Voraussetzung, die wir zur Erklärung der braunen Wasserfarbe machen mußten. Das Wasser ist, wie sämtliche Gewässer des Böhmerwaldes, weich und reagiert im Gegensatz zu den harten Wässern sauer.

Der von Dr. Hannamann untersuchte Bodenschlamm hat „eine tiefschwarze Farbe, ist von teigiger, fettiger Konsistenz, von schwach harzartigem Geruch, der nach kurzer Zeit an der Luft in einen übelriechenden Fäulnisduft übergeht, 88 % Wasser und 12 % Trockenmasse enthält. Letztere besteht zu 48 % aus organischen und etwa 52 % aus Mineralstoffen, indem sich die zersetzten organischen Substanzen des Waldes mit verwittertem Detritus vermengt am Boden des ruhigen Sees ablagern.“ Der trockene Schlamm enthält ca. 5 % Harze, 2 % Fette und Fettsäuren, Humussäuren und Pflanzenreste und einen nicht unbeträchtlichen Phosphorsäuregehalt von 0,71 %. Kalk tritt sehr zurück; dagegen ist der Schlamm reich an Eisenoxyd, Eisenoxydul und unzersetztem Quarz und Glimmer (15,32 %).

Thermische Erscheinungen.

Der Versuch, tägliche Schwankungen festzustellen, scheiterte an der Ungunst der Witterung, und es sei deshalb nur diejenige Messung mitgeteilt, die sich am besten zum Vergleich eignet, am 12. Aug. 12^hm. (Vergl. Taf. IV.)

Der Hauptzufluß hatte 10,5°, ein zweiter 9,5°, der Ausfluß 14,5°, die Luft 12,5°. Die Schichtentemperaturen waren folgende:

		Differenz
Oberfläche	14,75 °	
1 m	14,75	0,0
2 -	14,5	0,25
3 -	14,5	0,0
4 -	14,3	0,2
5 -	13,5	0,8
6 -	11	2,5
7 -	8,75	2,25
8 -	7,25	1,50
9 -	6,75	0,5
10 -	6,0	0,75
11 -	5,5	0,5
12 -	5,25	0,25
13 -	5,0	0,25
14 -	5,0	
16 -	4,75	
20 -	4,75	
25 -	4,5	
30 -	4,5	
35 -	4,3	

Wie spät im Jahre die Erwärmung des Seewassers beginnt, zeigt eine Angabe bei Frič¹, der am 15. Mai noch eine Oberflächentemperatur von 4,6 ° beobachtete².

Optische Erscheinungen.

Das Wasser ist infolge des geringeren Gehaltes an Verunreinigungen etwas durchsichtiger. Ich fand 3,3 m (am 12./8.); Bayberger (a. a. O. S. 34) giebt sogar 8 m an (Frič 2,3—2,6 m).

In Bezug auf die Farbe weicht der Schwarze See von seinen übrigen Genossen ab; entgegen seinem Namen zeigt er gerade die hellste Färbung, und schon der am Ufer stehende Beobachter sieht ihn in grünlichem Schimmer. So ergab sich auch am 4. Sept. bei

¹ Průběžná zpráva. — Věstník, Bd. III, S. 173.

² Vgl. auch Frič und Vávra, a. a. O., S. 35. Die dort angegebenen neuesten Untersuchungsergebnisse decken sich mit obiger Übersicht, bringen aber die Darstellung der Sprungschicht nicht genau zum Ausdrucke, da Temperaturzahlen zwischen 1 und 10 m Tiefe fehlen. Oberflächentemperatur 1893, Mai 9,0°, Juli 14,8°, 16,4°, September 11,5°, 1894 Juni 13,2°. Temperatur bei 10 Meter Tiefe: 1893 Juli 5,8°, Sept. 6,0°, 1894 Juni 7,8°.

heiterem Wetter und Windstille nach der Skala eine Nüance zwischen 12 und 13¹.

Biologie.

Ebenso arm wie der Teufelssee ist auch der Schwarze See an Pflanzen. A. Hansgirg² zählt 23 Algenarten auf; K. Steinich³ weist im Schlamme aus 20—35 m Tiefe 34 Diatomeenarten — vorwiegend der Gattung *Navicula* angehörig — nach. Von den Phanerogamen sind wichtig die auf bestimmte Flecke beschränkten Vorkommnisse von *Isoëtes lacustris*, *Sparganium affine* und *Glyceria*.

Reicher ist das Kleinleben in der Tierwelt: Cyclopen, Polyphemus, Holopedien, Daphnien (die in der Tiefe farblos sind), Phryganidenlarven, *Gyrinus natator*, *Hydroporus* finden sich in Menge. Es ist eine eigentümliche Erscheinung, daß die verschiedenen Tierformen an gewisse Wasserschichten gebunden sind, wie folgende Darstellung zeigt³:

Oberfläche.

Polyphemus	Cyclops	Bosmina	Polyphemus
oculus.	minutus, coronatus.	longispina.	oculus
Diaptomus castor.			

Holopedium gibberum.

(3—20').

Daphnia pulex et longispina.

(40—50').

Leider lassen auch die neuen eingehenden Untersuchungen noch keine genauere Anordnung der Gattungen nach der Tiefe zu. Es läßt sich aber vermuten, daß innerhalb der Fauna sich ein ebenso rascher Wechsel der Formen vollzieht, wie in der Temperatur, daß wir also eine biologische Sprungschicht konstruieren könnten. Neuerdings hat das Kleinleben etwas abgenommen, jedenfalls infolge großer Vermehrung der eingesetzten Zuchtfische, die hier trefflich gedeihen.

Schnee- und Eisverhältnisse.

Es ist für die Erklärung des Gerölltransportes, sowie zur Beurteilung der Glacialfrage wichtig, auch diesem Gebiete einige Aufmerk-

¹ Da man bei solchen Messungen nicht genug das subjektive Element betonen kann, füge ich hinzu, daß der Assistent der zool. Station, Herr Dr. Vávra, auf meine Veranlassung eine Nachprüfung mit derselben Skala machte und genau zu demselben Resultate kam.

² Frič und Vávra a. a. O. 1897, S. 35.

³ Sitzungsber. der math.-nat. Kl. der K. böhm. gelehrt. Ges. d. Wissensch. v. 15. Juli 1871, S. 8.

samkeit zu widmen. Leider existieren bis jetzt noch keine systematischen Beobachtungen darüber¹. Erkundigungen, die man von Forstleuten und Anwohnern einzieht, sind selten völlig übereinstimmend, und ich habe deshalb die Erörterung dieser Frage völlig unterdrückt, wo nicht Angaben von gröfserer Zuverlässigkeit vorlagen.

Der See gefriert oft schon im Oktober oder Anfang November und behält die letzten Reste seiner Eisdecke bis zum Mai. Die Decke des Eises mag wenig über 50 cm betragen. Der Schnee liegt an geschützten Stellen der Seewand bis in den Juni und Anfang Juli. Unterschiede zwischen der Schneelagerung am Ausflufs und unterhalb der Seewand sind nicht beobachtet worden, so dafs wir also bei gegenwärtigen Schneeverhältnissen keine schiefe Ebene als Rutschbahn für Gerölle erhalten. Wohl aber macht sich eine Differenz von S. nach N. zu bemerkbar, indem die regelmässigen Winde den Schnee aus dem Südzipfel des Beckens gegen den Pavillon treiben und dort oft hohe Wehen aufhäufen. Lawinen aus der Seewand scheinen selten zu sein, und ob dieselben nur Baumstämme und Eisstücke oder auch Felsblöcke mit sich führen, läfst sich selten sicher feststellen. Nach Angabe des Seeförsters hat eine Lawine am 25. Juni 1896 grofse Blöcke mit hinuntergerissen. (Ebenso hat ein Gewitter am 10. Juli 1896 viel Blockwerk gelöst und in der Steilwand einen noch heute sichtbaren Hohlweg gegraben.)

Grofser Arbersee.

Topographie und Geologie der Umgebung.

Die beiden Arberseen, denen wir uns nun zuwenden, liegen im Gebiete des hercynischen Gneifses, dessen Streichen im allgemeinen SO.—NW., dessen Einfallen gegen NO. ist, so dafs wir also bei einer Wanderung von SW. nach NO. allmählich aus den liegenden Schichten in das Hangende, in den Glimmerschiefer des Osser gelangen. v. Gümbel unterscheidet drei Gneifsvaritäten; im Liegenden streicht der Cordieritgneifs mit dem berühmten Bergwerke von Bodenmais. Daran schließt sich der quarzitische Körnelgneifs mit Übergängen

¹ Um diese Lücke künftig auszufüllen, habe ich 80 Fragebogen im Gebiete verteilt, die im wesentlichen den von Prof. Ratzel (Über die Schnee- und Eisverhältnisse in den bayr. Kalkalpen; Jahresbericht d. geogr. Gesellsch. zu München f. 1885, H. 10, S. 33) vorgeschlagenen Wortlaut haben. Da der Einlauf der Berichte zur Zeit noch nicht abgeschlossen ist, sollen die Ergebnisse gesondert publiziert werden. Vergl. auch Ratzel, Neue Bruchstücke üb. Schneelagerung; Jahrb. d. geogr. Ges. München 1887, H. 12, S. 69.

sowohl ins Liegende als ins Hangende. Charakteristisch für ihn sind zahlreiche Linsen und Lagen von Quarzit, die auf dem Querbruche oft schöne Maserzeichnungen entstehen lassen. Ein Dünnschliff des Gesteins zeigte im Quarz dichte Schwärme von Sillimanitnadeln, außerdem Plagioklas, Biotit mit Zirkoneinschlüssen, anscheinend nur sekundären Muskovit, Apatit und chloritische Zersetzungssubstanz. Im Hangenden endlich folgt der Schuppen- oder Fibrolithgneifs, der durch den reichlichen Glimmergehalt eine gute Parallelstruktur erhält, dabei aber auch leicht mürbe, weich und fettig wird und stark verwittert. Während der Körnelgneifs mit seinem Quarzreichtum am widerstandsfähigsten ist und das eigentliche Hochgebirge zusammensetzt, wird der weiche Schuppengneifs die Ursache, daß der Lamer Winkel sich so merklich gegen das Glimmerschiefergebirge eintieft. Nach v. Gümbel brechen die Gneifsschichten vom Felsriegel des grofsen Arber an „in schroffen, fast senkrechten Wänden tief bis zu der von Felstrümmern überschütteten Verebnung ab, in welche zwischen der Felswand und einem Haufwerk von Gesteinsblöcken der düstere grofse Arbersee eingebettet ist.“

Eine nähere Betrachtung des Terrains wird uns von der Wahrheit dieser Behauptung überzeugen. Der grofse Arbersee, der mit 934 m Meereshöhe 524 m unter dem eigentlichen Arbergipfel (1458 m) liegt, bildet seine Nische unterhalb des schmalen Rückens, der sich von diesem in sanft abwärts geschwungener Kammlinie nach S. zieht und über dem See eine Höhe von 1345 m hat. So erhalten wir für die Seewand eine relative Höhe von 411 m. Wir haben es bei diesem Cirkus nicht mit einem schönen Halbrund zu thun; der Hintergrund des Sees hebt sich gewissermaßen wie ein gewaltiger Theaterprospekt ab und wird auf beiden Seiten durch eingemagte — vielleicht zum Teil auch durch Verwerfungen schon vorgebildete — Bachbetten von den niedrigeren Flanken getrennt. Durch einen Pfad, den die Forstverwaltung in neuester Zeit angelegt hat, ist die Durchforschung der Seewand etwas erleichtert. Noch vor einem Jahre stellten sich einer Wanderung an dem wilden, versumpften Bette des Geigenbachs beträchtliche Schwierigkeiten entgegen. Penck¹ vermutete hier parallele Schrammen, wie sie v. Gümbel in der Nähe des Schwarzen Sees beobachtet hat. Es war jedoch nirgends eine Spur davon; man sieht mächtige, fast hausgrofse Blöcke, die sich vom anstehenden Gestein in senkrechten, ebenen Klüften losgelöst haben und die oft — nur durch einen schmalen Kamin getrennt — wenige Meter tiefer liegen

¹ Exkursionsbericht.

geblieben sind. Die parallele, horizontale Streifung darauf erwies sich stets als die ursprüngliche Schichtung. Mitten aus dem dichten Urwalde mit seinem feuchten Boden, den mannshohen Farnkräutern und dem üppigen Heidelbeergestrüpp ragen, schon vom See aus sichtbar, hohe Felswände hervor, die von Wasser bisweilen wie von einem feinen Schleier übersponnen sind und dann im Sonnenscheine glänzen. Diese Flächen sind prächtige Harnische, die senkrecht das Gestein abbrechen und sich in das anstehende Gestein noch fortsetzen. Der Gneifs nimmt hier meist Lagenstruktur an, indem quarzreiche, feinkörnige und feste Schichten mit weichen, glimmerreichen abwechseln. Durch diese Struktur ist das sonderbare Aussehen mancher Rutschflächen bedingt, an denen die harten Lagen mit vollständig erhaltener Glättung die alte Oberfläche anzeigen, während die weichen sich als Kaneelen zurückbiegen.

Der steile mittlere Teil der Seewand zeigt 35° , stellenweise 40° Neigung (nach Bayberger 70°). Gehen wir auf der Südseite zurück, so überschreiten wir das bereits erwähnte, nur 18° geneigte Thal eines einmündenden Baches. Die südliche Flanke hat an der Schneise $15\text{--}18^{\circ}$. Auch im N. ist die Flanke, die sich unter 25° neigt, von der Seewand abgeschnürt. Am Ausgange steht das Seewasser fast bis zur Höhe des Weges und kann durch eine Schleuse innerhalb eines Meters reguliert werden. Durch Weg- und Hausbauten ist der Einblick in den Wall fast unmöglich gemacht. Der Teil, auf dem die Schutzhütte steht, scheint erst künstlich zum Zwecke einer Planierung erhöht zu sein. Von der Cisterne, in der Bayberger die sogenannte Moränenablagerung studiert hat, ist nichts mehr zu entdecken. Geht man aber im Bachbett abwärts, so erkennt man, daß der anfangs auf eine lange Strecke nur unter 5° Neigung dahinströmende Bach sich überall zwischen mächtigen Blöcken durchwindet. Es wurde kein Stück gefunden, von dem sich mit Sicherheit behaupten liesse, es sei anstehendes Gestein. (Partsch dagegen giebt bestimmt an, der Arbersee sei eine im festen Fels ausgehöhlte Schale.) Nach einer größeren Strecke seines Laufs erst nimmt der Bach ein Gefälle von 12° an und führt seine rauschenden Wasser dem großen Regen zu.

Durch das Zurückweichen der Arberkuppe vom See wird das Niederschlagsgebiet auf 220 ha erweitert, und bei der sumpfigen Beschaffenheit der Gehänge befremdet es nicht, daß alljährlich ungeheure Mengen von organischer Substanz dem Becken zugeführt werden. So kommt es, daß der See schon längst nicht mehr bis zur Felswand reicht. Die Forstkarte zeigt einen breiten Streifen von „Filz und Au“, durch den sich der Geigenbach in großem Bogen windet. Noch ist das Gebiet nicht fester Waldboden geworden nur auf einem

Knüppeldamm ist es möglich, hindurchzuschreiten. Die Betrachtung des Seebeckens wird zeigen, daß dieser Versumpfungs- und Ausfüllungsprozeß durchaus kein langsam fortschreitender ist.

Seebecken.

Das Seebecken, das sich bedeutend in westöstlicher Richtung streckt (441 m), zeigt im hintern Teile einen nach S. gerichteten Zipfel und im zweiten Drittel seiner Längserstreckung eine Einschnürung. Mehrfache Messungen im hinteren Teile ließen bald erkennen, daß die Darstellung der Katasterkarte den heutigen Verhältnissen durchaus nicht mehr entspricht. Ringsum hat die Verlandung raschen Fortschritt gemacht. Ein Sumpfgürtel hat sich gebildet, der als weiche, 1 m dicke Schicht auf dem Wasser schwimmt und äußerlich also schon die Verkleinerung des Beckens kennzeichnet. Unsre Karte stellt den jetzigen Stand der Entwicklung dar und giebt das ehemalige Seeufer nach der Katasterkarte als punktierte Linie an. Auch zwei Inseln haben sich bereits gebildet, und nur wenige Jahre werden genügen, diese mit dem Lande in Verbindung zu bringen. So kommt es, daß das Areal, das im Kataster noch mit 8,086 ha (inkl. Filz) angegeben wird, heute nur noch 4 ha 32 a 45 qm umfaßt. (Möchel, Führer und Řivnáč 26,5 ha, Möchel, Boh. 10 ha oder 17,37 Joch, Krejci 40 Joch, v. Gümbel 48 Tagwerk oder 17 ha.) Das Gebiet verteilt sich auf die Tiefenstufen folgendermaßen:

0— 2 m	=	1 ha 29 a 15 qm
2— 5 -	=	0 - 95 - 85 -
5—10 -	=	0 - 98 - 10 -
10—15 -	=	0 - 75 - 60 -
15 -	=	0 - 33 - 75 -

Die Tiefenzahlen sind in 6 Linien wie folgt ermittelt:

a— b: 1. 3. 5,5. 8,5. 11,5. 13. 14,5. 15. 15. 15. 15. 15. 15. 14,5.
13. 8,5. 3,5. 2. 4,5. 8. 9. 8,5. 3.

c— d: 4. 6. 8,5. 9,5. 3.

l—m: 5. 14. 15. 11,5. 7.

e— f: 7. 10. 13. 14. 15. 15. 15. 11,5. 4,5.

g— h: 0,80. 2,5. 1,5. 0,80.

i— k: 5,5. 7. 7. 6. 5,5. 7. 8. 4. 1,5.

Dies ergibt eine Maximaltiefe von 15 m (Möchel 34 m, Řivnáč 33 m, Forstleute im Jahre 1870 60' (17,54 m), Forstleute vor ca. 3 Jahren 33 m, Bayberger 15 m). Jede Lotung förderte große Mengen pflanzlicher Überreste zu Tage. Die Isobathen schmiegen sich im vorderen Teile vollkommen den Umrissen an und zeichnen uns eine regelmäßige Wanne. Die Einschnürung, die sich bereits in

der Uferlinie ausprägt, setzt sich auch in der Tiefe fort und läßt dort nur eine schmale Durchfahrt von 2,5 m Tiefe frei, eingeeengt durch zwei vorgeschobene, stark verwachsene Zipfel von durchschnittlich 1 m Tiefe. Nahe der Seewand sehen wir ein zweites Becken von 9 m Maximaltiefe, dessen Längsaxe rechtwinklig auf der des großen Beckens steht. Es ist eigentümlich, daß noch in Baybergers Darstellung von dieser Zweiteilung nichts zu sehen ist; seine Karte zeigt an der Stelle der Durchfahrt 14 m¹. Halten wir daneben die Aussage des Seewirtes, daß die beiden einengenden Zipfel noch vor 9 Jahren nicht vorhanden gewesen seien, so haben wir einen Beleg für die außerordentlich rasche Ausfüllung des Beckens. (Baybergers Voraussicht, daß in ca. 60 Jahren der See verschwunden sein werde, dürfte allerdings etwas übertrieben sein.)

Das Volumen beträgt:

0— 2 m	12 915	cbm
2— 5 -	33 547,5	-
5—10 -	73 575	-
10—15 -	94 500	-
15 -	50 625	-
Summa	265 162,5	cbm.

Chemie.

Metzgers² Analyse giebt folgende Zusammensetzung des Seewassers:

Trockenrückstand in 1000 ccm 0,0287.

1000 ccm enthalten:

oder im Liter:

gr		gr	
NaCl	0,002 532	Na ₂ O	0,002 210
Na ₂ SO ₄	0,000 772	K ₂ O	0,000 966
K ₂ SO ₄	0,001 788	CaO	0,002 080
CaSO ₄	0,002 420	MgO	0,001 080
CaCO ₃	0,001 936	Cl	0,002 144
MgCO ₃	0,003 068	SO ₃	0,002 480
SiO ₂	0,004 000	SiO ₂	0,004 000
Fe ₂ O ₃ }	0,000 900	Fe ₂ O ₃ }	0,000 900
Al ₂ O ₃ }		Al ₂ O ₃ }	
		CO ₂	0,002 040
Summa	0,017 416		0,017 900

¹ Leider sind Baybergers Kartenumrisse völlig unbrauchbar. Es wäre interessant gewesen, nach 10jähriger Zwischenzeit genauere Daten für den Ausfüllungsprozeß der Seen zu gewinnen.

² a. a. O. S. 8.

In 100 Teilen Rückstand sind enthalten:

Na ₂ O	12,34 ‰
K ₂ O	5,40 -
CaO	11,60 -
MgO	6,03 -
Cl	12,26 -
SO ₃	13,86 -
SiO ₂	22,36 -
Fe ₂ O ₃ }	5,02 -
Al ₂ O ₃ }	
CO ₂ geb.	11,40 -
Summa	100,29 ‰

Wir erkennen, daß — entsprechend dem andern Gestein der Umgebung — auch das chemische Bild des Wassers ein anderes wird, daß insbesondere der Kaligehalt, gegenüber den Seen des Glimmerschiefergebietes, zurücktritt.

Thermische Erscheinungen.

Da der große Arbersee der einzige ist, an dem sich eine menschliche Wohnung befindet, so wurden die wenigen schönen Tage benutzt, die täglichen Temperaturschwankungen des Seewassers zu messen. Die Beobachtungen sollten aller 6 Stunden, 6^ha, 12^h, 6^hp, 12^hp, angestellt werden. Leider wurde schon in der zweiten Nacht der Aufenthalt auf dem See durch ein heftiges Gewitter unmöglich gemacht; in der dritten Nacht wurde Verfasser durch starken Regen gezwungen, schon nach der 3. Messung abubrechen. Es ist klar, daß auf solche Weise gestörte Beobachtungsreihen keine vollgültigen Resultate ergeben können, und doch möchten wir die Ergebnisse dieses ersten Versuchs, auch die Nacht in die Messungen einzubeziehen, nicht unterdrücken, einesteils weil sich einige interessante Betrachtungen an die gewonnenen Kurven knüpfen lassen, andernteils weil verschiedene methodische Erfahrungen dabei einem späteren Forscher auf diesem jungfräulichen Gebiete vielleicht von Nutzen sein könnten. Doch ziehen wir vor, die eingehenderen Mitteilungen darüber dem allgemeinen Teile der Arbeit zuzuweisen und geben hier nur — wie bei den übrigen Seen — die Vergleichswerte. (Vergl. Taf. IV.)

Messung am 20. August 12^h:

Luft: 18°, südl. Bach: 9,5°, nördl. Bach: 10,5°, Ausfluß: 12,5°.

		Differenz
Oberfläche	13,3 ⁰	
1 m	12,5	0,8 ⁰
2 -	12	0,5
3 -	11,9	0,1
4 -	11,25	0,65
5 -	9,7	0,55
6 -	7,75	1,95
7 -	6,5	1,25
8 -	5,5	1,0
9 -	5,2	0,3
10 -	5	0,2
11 -	4,8	0,2
13 -	4,75	0,05
14 -	4,6	0,15

Optische Erscheinungen.

Bayberger giebt die Durchsichtigkeit des Wassers auf 0,4 m an. Um diese unverständliche Zahl zu widerlegen, stellte ich zunächst nach dessen Methode fest, daß die Messingteile des Thermometers bis zu 3 m Tiefe sichtbar blieben. Bei Benutzung der weißen Scheibe erhöhte sich die Sichtbarkeitsgrenze auf 4,1 m. Die Farbe ist ziemlich braun und giebt — gleich dem Teufelssee — Nr. 15 der Skala.

Biologie.

Bei einem See, der so viel Moderstoffe zugeführt erhält und von einem so ausgebreiteten Sumpfe umgeben ist, können wir auch im Becken selbst eine reichere Vegetation vermuten. Und in der That, überall wächst und spriest es, und das Thermometer war beim Herausziehen oft vollständig von Wasserpflanzen eingehüllt. Es ist interessant, die einzelnen Etappen in der Eroberung des Seebeckens durch die Pflanzenwelt zu verfolgen. Zuerst breitet sich auf dem Grunde ein dichtes Gewirr von Algen und Myriophyllen aus, in dem desto leichter der Schlamm sich festsetzen kann. Dann recken die langstengligen Pflanzen ihre Arme nach der Oberfläche, die Nuphar, *Lycopodium inundatum*, *Menyanthes trifoliata*, und stecken mit ihren Blättern das Gebiet ab, das demnächst dem See entrissen werden soll. In diesem Stadium befinden sich jene zwei Zipfel zu beiden Seiten der Durchfahrt, wo auf seichtem Grunde eine reiche Pflanzenwelt sich erhebt und die breiten Nupharblätter eine trügerische Decke auf dem Wasserspiegel bilden. Noch sind jene Stellen vom Kahn

passierbar; aber wenn dann die *Juncus*, *Scirpus* und *Carex* dazwischen sprossen, so erkennen wir, daß nur noch eine wenig mächtige Wasserschicht vorhanden sein kann. Dann stellen sich die vielgliedrigen Sippen der Sphagnaceen und Hypnaceen ein und bilden eine schwammige, kaum $\frac{1}{2}$ m dünne Decke, eine schwimmende Insel, die mit dem wechselnden Wasserstande sich hebt und senkt und hier und da Anschluß an das umgebende Felsufer sucht. Dazwischen gedeihen schon einige Blumen: *Pedicularis*, *Comarum palustre*, *Sagittaria*, *Epilobium palustre* und die tauglänzende *Drosera*. Das ist das Bild jenes Streifens, den wir in der Karte als bereits zum Lande gehörig abgetrennt haben. Wenn dann der Seeboden und die schwimmende Schicht einander entgegenwachsen, wird das Terrain tragfähiger; angeflogene Fichtensamen keimen und wachsen zu kleinen, kümmerlichen Bäumchen heran, bis die übergroße Feuchtigkeit ihnen den unvermeidlichen Tod bringt. So wird aus dem Sumpfe die Au, der Filz, jenes Stück, das wir bereits früher auf dem Knüppeldamm durchschritten haben. Unaufhaltsam geht dieser Verlandungsprozeß vorwärts, und unsere Nachkommen werden dort eine ebene Sumpffläche finden, wo sich heute Tausende von Reisenden an dem Anblicke eines reizvollen Sees weiden¹.

Die Fauna zeigt nach Frič eine ähnliche Zusammensetzung, wie die der früher betrachteten Seen: Holopedien, Cyclopiden, Lynceus, Rädertiere, und durch die Forstverwaltung sind mit Erfolg Forellen und Saiblinge eingesetzt worden.

Schnee- und Eisverhältnisse.

Am Arbersee-Schutzhause befindet sich seit einigen Jahren eine ombrometrische Station, deren Ergebnisse wir im allgemeinen Teile berücksichtigen werden. Vorläufig seien nur einige Mitteilungen des Seewirtes aufgenommen. Der erste Schnee fiel 1893 am 2. Nov., 1894 am 15. Okt., 1895 am 17. Okt., der letzte 1894 am 5. Apr., 1895 am 22. Mai, 1896 am 6. Mai. Dabei fanden sich folgende Maxima der Schneehöhe: 1894 48 cm, 1895 137 cm, 1896 163 cm. In der Seewand lag in diesem Jahre bis zum 10. Juni noch Schnee. Auf dem Eise pflegt der Schnee unter der Seewand etwas höher zu liegen als vorn. Im Frühjahr stürzen Lawinen aus der Wand her-

¹ Durch den Waldverein ist auf den Rat des Oberförsters von Bayr.-Eisenstein eine Petition an die Bayr. Regierung eingereicht worden, durch Abstechung von Filzstücken zur Erhaltung des schmucken Sees beizutragen. Mit der Zeit dürfte sich dieses Bemühen wohl als eine Sisyphusarbeit herausstellen.

unter und reißen Eisblöcke und Baumstämme mit sich fort; Felsstücke wurden nicht beobachtet. Aus der Eisdecke wurden Anfang März 1896 noch Stücke von 73 cm Dicke herausgeschnitten. Aus dem Winter 1896/97 berichtet das Forstamt Rabenstein noch folgende Daten: Erste Eisbildung am 10. Nov., geschlossene Eisdecke 18. Nov., völlige Eisfreiheit am 16. Apr. 1897. Dicke des Eises 70—80 cm, Schneehöhe am Ausflusse 1,25, unter der Seewand 2,00 m.

Kleiner Arbersee.

Sanfter als gegen den großen Arbersee vollzieht sich die Absenkung des Gebirges nach N., wo die immer biotitreicher werdenden Gneißschichten in den Kessel des kleinen Arbersees führen, in jenes Becken, das bereits von Partsch¹ eine eingehende Würdigung erfahren hat und von ihm als der beste Beweis für die einstige Vergletscherung des Gebietes betrachtet worden ist. Der erste Blick zeigt uns, daß hier eine ganz andere Bildung vorliegt, als an den bisher betrachteten Seen. Wandern wir von N. her aufwärts, wo der Seebach über gewaltige Blockmassen dahinstürzt und seine Wasser dem weißen Regen zuführt, so durchschreiten wir eine breite Erhöhung, bestehend aus braunem Blocklehm, die „zweite Moräne“ nach Partsch. Von der Höhe derselben schauen wir dann weiter vor uns den prächtigen, halbkreisförmigen Blockwall, der sich, nur wenig bewachsen, scharf aus dem Terrain heraushebt und der in der 3,40 m tiefen Schleuse (bis zum Überfall 2,40 m) vom Seebach durchbrochen wird. Unmittelbar außen neben der Schleuse ist eine Grube mit geschichtetem Sand aufgeschlossen.

Da keine eingehenden Tiefenmessungen veranstaltet werden konnten, sei die Schilderung des Seebeckens gleich an dieser Stelle eingefügt. Zur Zeit des Besuches war der See bis auf den Grund der Schleuse entleert. Mächtige Blöcke umsäumten auf der Innenseite den Wall, der zu beiden Seiten der Schleuse künstlich gemauert ist (seit einem Dammbruch). Da man noch weit ins Wasser hinein die bleichen Baumstämme und Blöcke schimmern sieht, so bleibt für den „unergründlichen“ Teil des Beckens nur ein ganz winziges Centrum, dem ich im gegenwärtigen Zustande nicht mehr als 4 m Tiefe zutraue, so daß der See bei Höchststand 6 m wenig überschreiten dürfte. (Möchel 16 m, Bayberger schätzt 10 m.) Das Areal umfaßt nur noch 2 ha 45 a 25 qm (Möchel, Boh. 4 ha = 6,95 Joch, Möchel,

¹ a. a. O. S. 109.

Führer 9,2 ha, Kataster 2 Tagwerk 93 Decimalen). Aber einst war der See viel größer; denn ein Sumpf von der doppelten Länge der Wasserfläche schließt sich im S. an, schon soweit landfest (ca. 2' dick), daß die Rinder darauf weiden können. Vorn nur mit Sphagnaceen etc. bewachsen, trägt er hinten bereits Bäume. Das untere Ende des Sumpfes scheint gegenwärtig ziemlich konstant zu sein. Wohl wachsen fortwährend neue Teile an; aber sobald das Wasser steigt, brechen durch den Druck von unten Stücke der Pflanzendecke los, werden zum Damm geschwemmt und dort durch die Waldarbeiter entfernt. So kommt es, daß in den 13 Jahren, seit der jetzige Fischer das Häuschen am See bewohnt, die Grenzlinie des Sees sich nicht sichtlich geändert hat.

Dringen wir auf der westlichen Seite des Sumpfes aufwärts, so kommen wir schließlich an eine felsige Thalstufe von wenigen Meter Höhe, über die der Bach in einem kleinen Wasserfall herabstürzt. Von dort an wird die Scenerie wilder. Zu unsrer Rechten erhebt sich der Abhang terrassenförmig. Jede Stufe wird durch eine kahle glatte Felswand von 3—4 m Höhe bezeichnet. Namentlich die unteren Stufen haben eine ausgezeichnete Glättung des Gneißes bewahrt, die vermutlich auf Harnische zurückzuführen ist. Nur eine Stelle erschien mir auf diese Weise nicht erklärlich: Eine Wand mit besonders guter Glättung zeigte, daß die ebene Fläche sanft nach S., also nach der oberen Seite zu, umbog. Am Ende jener Terrassenbildungen erweitert sich das Thal, und wir befinden uns in einem fast allseitig geschlossenen Cirkus zu Füßen des Arber, im sogenannten „Seeloch“. Der See, der dieses einst sicher ausgefüllt hat, ist verschwunden, und an seiner Stelle ist eine sumpfige, mit lichtem Walde bestandene Ebene. Am Ausgange des Cirkus schaut stellenweise der nackte Fels aus dem Thalboden hervor und zeigt sich überall flach und ziemlich glatt gescheuert.

Die östliche Flanke des Sees ist sanft (unter 20°) geneigt und mit Buchen und Fichten reich bewachsen.

Der Schnee liegt im Seebecken ca. 1—1½ m hoch.

Da der See uns nicht hinreichendes Material bot, das bisher verfolgte Schema der Beschreibung auszufüllen, bleibt uns nur noch übrig, Metzgers chemische Analyse¹ anzuführen.

In 1000 ccm ist ein Trockenrückstand von 0,0240.

¹ a. a. O. S. 8.

1000 ccm enthalten:		oder im Liter:	
	gr		gr
NaCl	0,002 542	Na ₂ O	0,002 694
Na ₂ SO ₄	0,003 100	K ₂ O	0,000 404
K ₂ SO ₄	0,000 748	CaO	0,002 000
CaSO ₄	0,001 759	MgO	0,001 350
CaCO ₃	0,002 279	Cl	0,001 543
MgCO ₃	0,002 835	SO ₃	0,003 125
SiO ₂	0,003 750	SiO ₂	0,003 750
Fe ₂ O ₃ }	0,000 725	Fe ₂ O ₃ }	0,000 725
Al ₂ O ₃ }		Al ₂ O ₃ }	
		CO ₂	0,002 483
Summa		0,018 074	
0,017 738			

In 100 Teilen Rückstand sind enthalten:

Na ₂ O	14,91
K ₂ O	2,24
CaO	11,07
MgO	7,47
Cl	8,54
SO ₃	17,30
SiO ₂	20,75
Fe ₂ O ₃ }	4,1
Al ₂ O ₃ }	
CO ₂ geb.	13,74
Summa	
100,03	

Der Rachelsee.

Topographie und Geologie.

Im SO. des Rachels (1446 m), nicht direkt unter dem Gipfel, sondern unter einem 1330 m hohen Ausläufer senkt sich das Amphitheater des Rachelsees ein, der in 1050 m Meereshöhe liegt. Der schmale Rücken, der den See im SW. umfaßt, neigt sich mit 25° zum Seebecken hinab. Folgen wir dem „Hochwalddistriktsweg“, der die Seewand in halber Höhe durchquert, so gelangen wir in ein Gebiet, wo reichgefalteter, quarzreicher Biotitgneiß in senkrechten Kluftflächen abbricht. Abgesehen von diesen steilen Wänden, ist das Terrain jedoch ziemlich sanft geneigt (25°), so daß sogar ein kleines Hochmoor Platz gefunden hat. Vier kleine ziemlich wasserarme Bäche kreuzen den Weg. Die senkrechte Halbierungslinie der Seewand hat

im untern Teile 25° , oben bis 45° , die Schneise sogar nur 20° Neigung. Gegen die Kapelle hin nimmt die Steilheit zu und steigert sich direkt unterhalb derselben auf 40° . (Bayberger giebt 70° an.)

Ehe wir uns zum See selbst wenden, gehen wir auf dem horizontalen Wege zurück bis über die Kreuzung mit dem „Rachelsteig“. Dort sehen wir uns unvermutet in einem zweiten Cirkus, noch steiler und schöner gerundet, als der eben verlassene, direkt unter dem Gipfel des Rachels gelegen und deshalb noch imposanter. Dieses Amphitheater, eingerahmt von den Forstbezirken „Seehäng“ und „Rachelbachwand“, abgeschlossen zum Teil vom „Felsensturz“, hat in der Tiefe einen Sumpf, der bei den Forstleuten den Namen „alter See“ trägt. Und in der That ist es leicht, auf Grund der Forstwirtschaftskarte aus dem unproduktiven Boden ein altes Seebecken zu rekonstruieren. Ein Kanal, der zum Teil in den Fels gesprengt ist, durchschneidet den Sumpf und legt eine dicke Schicht schwarzer Modererde bloß. Man sieht noch ziemlich deutlich den Gneiß-Blockwall, der einst den See abschloß. Der Rachelbach bezeichnet die Stelle seines ehemaligen Durchbruchs durch eine starke Doppelwindung. Die Wälle der beiden Nachbarcirken gehen fast unmittelbar ineinander über. Es ist nicht möglich, in dem dichten Gestrüpp auf denselben etwas anderes zu erkennen, als die zahlreichen verstreuten Blöcke. Auch am Rachelsee ist der Ausfluß durch eine Schleuse reguliert, die Schwankungen bis zu 4 m zuläßt. Der Wasserstand zur Zeit der Messungen betrug ungefähr -1 . Das Bett des Seebachs neigt sich ganz sanft, nur mit 5° Gefälle, abwärts. (Vergl. hierzu Taf. III.)

Außerhalb der beiden Dämme, südlich vom Rachelsee und nur wenig tiefer als dieser gelegen, ist eine zweite sumpfige Stelle. Sie wird vom Rachelbach durchflossen und hat sicher früher einen Abdämmungssee gebildet. Auch Bayberger weist auf dieses alte Becken hin.

Nach der geologischen Karte v. Gümbels könnte man zu der Meinung kommen, daß der alte Rachelcirkus sich im Grenzgebiete zweier Gesteinsarten befinde. Wir sehen dort die Grenze zwischen Biotitgneiß und Cordieritgneiß längs des Rachelbaches verlaufen. Die Prüfung in der Natur bestätigt diese Darstellung nicht. Der „Hochwalddistriktsweg“ bietet uns Aufschlüsse genug, um mit Sicherheit ein Profil konstruieren zu können. Derselbe Biotitgneiß, mit großen Quarzlinsen, zum Teil lagenweise verwittert, begleitet uns durch den ganzen alten Rachelcirkus. Eine Wasserrinne kurz vor dem Rachelweg bringt helle, ziemlich gleichmäßig grobkörnige Granitblöcke aus

den höheren Regionen, ohne daß das Gestein anstehend gefunden wurde. Auch die bereits erwähnten Rutschflächen und der Kapellenfelsen legen Biotitgneiß bloß. Auf der Ostflanke des Sees konnte anstehendes Gestein nicht mit Sicherheit konstatiert werden. Die drei Dünnschliffe der Rachelgesteine ergaben folgenden Befund:

1. Biotitgneiß aus dem alten Cirkus: Quarz wiegt vor, Plagioklas tritt zurück. Großer Reichtum an Zirkonen.

2. Biotitgneiß vom Kapellenfelsen: Derselbe Reichtum an Zirkonen, dasselbe Vorwiegen des Quarzes. Lange Schnüre von Flüssigkeitseinschlüssen durchziehen gradlinig verschiedene Bruchstücke, ein Beweis für die dynamische Veränderung des Gesteins.

3. Granit aus der Wasserrinne: Neben dem Plagioklas viel Mikroklin in voller Ausbildung oder im Anfang der Entwicklung. Zu dem Biotit tritt eine große Menge von Muskovit mit stark verbogenen Lamellen. Die zahlreichen Risse sind durch Eisenoxydhydrat gelb gefärbt. Zirkon, Apatit, selbst Turmalin ist accessorisch vorhanden. Das ganze Bild läßt auch hier deutlich den starken dynamometamorphischen Einfluß erkennen.

Seebecken.

Bayberger giebt an, daß das jetzige Rachelseebecken nur der Rest eines früheren, viel größeren sei und daß es „durch die enorme Zerböckung des Gebiets viel von seiner einstigen Ausdehnung verloren habe“. Für die Veränderungen in unserm Jahrhundert möchten wir eher das Gegenteil behaupten. Die Ausfüllung des Beckens war schon ziemlich weit vorgeschritten, als dann der Mensch eingriff und noch einmal durch Stauung die alte Größe herzustellen suchte. Läßt man den See um 4 m ab, so wird das ganze hintere Rechteck vom Wasser entblößt, und fest eingewurzelte Baumstümpfe beweisen uns, daß hier einst Waldland war. Am Westufer entlang finden wir auf der Forstkarte einen Sumpfstreifen eingezeichnet. In Wirklichkeit ist ein großer Teil desselben nicht mehr vorhanden. Durch das Anstauen des Wassers ist die schwimmende Filzdecke emporgehoben worden, in einzelne Schollen zerbrochen und nach dem Ausflusse getrieben. So kommt es, daß sich im SW. die Bucht weiter vertieft hat und das Ufer jetzt fast unmittelbar an den Fels reicht. Unsere Karte zeigt in der punktierten Linie die Seegrenze nach der Katasterkarte. Eine Insel, die die Generalstabkarte verzeichnet und die sich auch auf einem älteren Bilde befindet, ist heute verschwunden.

Das Areal beträgt gegenwärtig, das

	Volumen
0— 5 m 2 ha 75 a 85 qm	68 962,5 cbm
5—10 - — - 53 - 10 -	39 825 -
10—13 - — - 29 - 25 -	33 637,5 -
13 - — - 16 - 65 -	21 645 -
Summa 3 ha 74 a 85 qm	164 070 cbm

(Möchel, Boh. 15 ha oder 26 Joch, Möchel, Führer 18 ha, Řivnáč 18 ha, Sendtner 18 Tagwerk.)

Das Niederschlagsgebiet ist jetzt ebenfalls künstlich vergrößert. Ein bereits erwähnter Zuleitungskanal fängt alles Wasser aus dem alten Cirkus bis zum Rachelbach ab; ein zweiter „Wassergraben“ macht das ganze Ostgehänge bis zum „Gfällbach“ dem See tributär. So erhalten wir statt des natürlichen Zuflußgebietes von 60 ha ein solches von 150 ha. Vergleichen wir diese Zahl mit der Größe des Sees, so erhalten wir das Verhältnis 40,5:1, und es wird uns klar, daß unter solchen Umständen der Versumpfungsprozess um so schneller vor sich gehen muß. Die beiden Zuleitungsgräben sind im Sommer und Herbst die Hauptnahrungsquellen des Sees, während zur Zeit der Schneeschmelze die hinteren vier Bäche stark anschwellen.

Tiefe. Vom hinteren, eigentlich nicht zum See gehörigen Viereck abgesehen, erhalten wir ein fast kreisrundes Becken, dessen größte Tiefe genau in der Mitte liegt und nur 13,5 m beträgt (Möchel, Boh. 90 m, Möchel, Führer 25 m, Frič 36', Bayberger 14 m.) Die einzelnen Tiefenzahlen sind folgende:

a—b: 2. 4. 3. 4. 12. 13,5. 4. 2,5. 1,5.

c—d: 4. 4. 4. 4.

e—f: 2,5. 11,5. 13,5. 12,5. 6.

g—h: 3. 5. 3.

g—i: 4,5. 9. 12. 13. 12,5. 4. 2.

Überall bringt das Lot rotbraunen Schlamm oder Pflanzen mit, und knorrige, bleiche „Raanen“ bedecken massenhaft den Grund.

Chemie.

Die chemische Beschaffenheit des Rachelseewassers hat bereits zu verschiedenen Kontroversen Veranlassung gegeben. Von ihm heißt es besonders, daß es unrein, ja giftig sei und kein organisches Leben zu unterhalten vermöge. In allen Reisebüchern finden wir die Angabe, daß es Salpeter- oder Schwefelsäure enthalte und durch das einem alten Stollenmundloch entströmende Wasser vergiftet sei. So schreibt Krejici¹: „Die Forelle bewohnt die Gebirgsseen, mit Aus-

¹ a. a. O. S. 134.

nahme des Rachelsees, in dessen untrinkbarem, Spuren von Schwefelsäure enthaltendem Wasser kein Fisch sich lebend erhält.“ Mayenberg¹ sagt: „Das Rachelseewasser enthält sehr viel freie Salpetersäure infolge der vermoderten Baumstämme in der Tiefe des Sees, so daß das Wasser keine Fische, wohl aber Frösche und Salamander enthält.“ Bereits Johnson² hat eine Analyse des Wassers gegeben. v. Gumbel³ schließt daran folgende Bemerkung: „Also ist die mehrfach geäußerte Behauptung, daß das Wasser freie Schwefelsäure enthalte und deshalb keine Tiere in demselben vorkämen, widerlegt“. Da es begreiflicherweise von großer wirtschaftlicher Wichtigkeit sein mußte, in dieser Frage Klarheit zu erlangen, wurden auf Veranlassung der Forstverwaltung noch zweimal Analysen vorgenommen, deren Resultate wir nach den Akten des Forstamts Spiegelau mitteilen.

1. Analyse vom Untersuchungsbureau des Niederbayr. Apothekergremiums:

Spec. Gewicht	1,00		
Glührückstand	0,25	in 100 000 Teilen,	
Organische Substanz	28,5	-	-
Salpetersäure mindestens	15,0	-	-
Salpetrige Säure, Ammoniak, geringe Mengen,			
Chlor, Schwefelsäure, keine Spur.			

„Das Wasser ist demgemäß ein äußerst weiches Wasser, das nahezu keine mineralischen Bestandteile, dagegen ziemlich viel organische Substanz und Salpetersäure, wenig Ammoniak und salpetrige Säure enthält. Forellen und andre feinere Fische werden deshalb kaum aufkommen. Geringere, weniger difficile Fische dürften vielleicht in demselben leben können, wenn das Wasser genügend Sauerstoff bietet, was jedoch in Rücksicht auf die vielen Zersetzungsprozesse kaum anzunehmen ist.“

2. Analyse der K. Forstl. Versuchsanstalt München, 1887.

„Das Wasser des Rachelsees ist als ein sehr reines, weiches Wasser zu bezeichnen, das weder Kalk, noch Magnesiasalze enthält, frei ist von Nitraten und Sulfaten und nur geringe Mengen freier Kohlensäure und gelöster humussaurer Alkalien besitzt, die ihm eine dunkle Farbe erteilen. Das Wasser entspricht ganz der Zusammensetzung der Granite und Gneise, aus welchen es in Verbindung mit dem Humus des Waldes seine Bestandteile aufgenommen hat. Es

¹ a. a. O. S. 140.

² Sendtner, S. 76.

³ Geologie v. Bayern II, S. 457.

eignet sich vorzüglich zu häuslichen Zwecken (zum Kochen und Waschen); wegen Mangel an Kalksalzen und andern Nährstoffen kann es aber das Leben der Fische nicht unterhalten.“

Wenn die Verwaltung nach derartigen Gutachten es doch wagte, Versuche in der Fischzucht zu machen, so war der Erfolg mehr als zweifelhaft, und doch scheinen die Thatsachen das Vertrauen zu rechtfertigen. Herr Forstmeister Blum-Spiegelau teilt in dieser Beziehung folgende Beobachtungen mit:

„1. Im Jahre 1884 wurden zwei Versuchskästen mit 18—20 cm langen Forellen in den See ausgesetzt. Von je 6 Stück hat sich eins bis in den Herbst erhalten. Die abgestorbenen Forellen hatten haselnußgroße Verletzungen an sich, die sie sich entweder an den Kästen oder durch gegenseitiges Anbeißen zugezogen hatten. In den folgenden Jahren wurden wiederholt Forellen frei in den See ausgesetzt.

2. Am 16. Oktober 1894 wurden am Zuleitungskanal 2 Forellen mit 750 bzw. 1000 g Gewicht gefangen. Am 20. Oktober desselben Jahres wurden am gleichen Kanal wieder zwei annähernd gleichgroße Forellen gesehen. Öfter wurden seither Fischüberreste, von Fischottern oder Raubvögeln hinterlassen, gefunden.

3. Im September 1895 wurde eine 1,5 kg schwere Forelle eingeliefert, die unmittelbar nach dem Ablassen des Sees unter dem Auslauf gefangen worden war. Die Forelle konnte nicht aus den unteren Bächen heraufgekommen sein, da das Wasser sehr klein war.

4. Täglich kann man bei längerer Beobachtung das charakteristische Aufspringen von Fischen im See wahrnehmen.“

Wir sind durch obige Erörterungen bereits in das Gebiet der

Biologie

eingetreten, das wir mit wenigen Worten hier abschließen können. Bereits v. Gümbel giebt an, daß er im See allerdings keine Fische, wohl aber Libellen, Schwimmkäfer, Wasserspinnen und Wasserflöhe gefangen habe. Auch Frič¹ hat 18 Tierarten konstatiert, darunter eine für Böhmen ganz neue Form, *Heterocope robusta*, die außerdem nur noch im Plöckensteinsee vorkommt. Das Auftreten dieser Form, dagegen die Abwesenheit der sonst so häufigen Holopedien veranlaßt Frič zu der Annahme, daß diese beiden Seen zu einer andern Zeit und unter anderen Umständen gebildet seien, als die übrigen Böhmerwaldseen.

¹ Sitzungsber. v. 15./7. 71.

Thermische Erscheinungen.

Das Wasser des Zuleitungskanals zeigte am 18. August 1896 9°, der Seebach im Granitgebiet 7°, der Rachelbach im alten Cirkus 8°, der erste Bach in der Seewand 9°, der Abfluß 12,5°. Das Seewasser ergab bei einer Lufttemperatur von 11° folgende Reihe:

		Differenz
Oberfläche	13,25 °	
1 m	13,25	0,0 °
2 -	13	0,25
3 -	12	1,0
4 -	10,5	1,5
5 -	8	1,5
6 -	6,25	1,75
7 -	5,75	0,5
8 -	5,25	0,5
9 -	5	0,25
10 -	5	
14 -	4,5	

Optische Erscheinungen.

Es wurde bereits früher auf die bräunliche Färbung des Wassers hingewiesen, die hervorgerufen wird durch den hohen Gehalt an humussauen Alkalien und den Eisenockerabsatz. So stellte sich auch bei Anwendung der Skala der See als der dunkelste heraus, er zeigte Nr. 16. Die Sichtbarkeitsgrenze lag tiefer, als man erwarten konnte, bei 2,8 m (Bayberger giebt 0,3–0,4 m an).

Schnee- und Eisverhältnisse.

Das Forstamt Spiegelau berichtet aus dem Winter 1896/97 folgende Beobachtungen: Anfangs November überzogen sich die Ränder des Rachelsees mit Eis; Ende desselben Monats war der See zugefroren. Zu Anfang Dezember betrug die Decke des Eises in der Mitte 40 cm, am Rande 38 cm, im April 10 cm am Rande. Ende April war der Rand eisfrei; die letzten Reste verschwanden unter Einwirkung der Triften Anfang Mai. In der ersten Dezemberwoche lag der Schnee in der Mitte des Sees 80 cm, unter der Seewand 90 cm, am Ausflusse, wo der Schnee angeweht war, 1,54 m tief. An letzterer Stelle lag Mitte April noch 1 m Schnee.

Der Plöckensteinsee.

Topographie und Geologie der Umgebung.

Der Plöckenstein (1378 m) gehört in das Gebiet des eruptiven Stockgranits. Das Gestein ist hier gleichmäÙsig körnig, leicht zerbrechlich und verwitterbar. Weißliche und gelbliche Orthoklase im ersten Stadium der Kaolinisierung, grauweiÙse Quarze und lichter Glimmer geben dem Granit ein ziemlich helles Aussehen. Accessorische Gemengteile lassen sich mit freiem Auge nicht beobachten, und zur optischen Untersuchung waren die Gesteinsproben zu brüchig. Wo der Granit vom Wasser überflossen ward, hat er sich überall in groben Grus aufgelöst, der in den Forsten der Umgebung vielfach zur Besserung der Wege benutzt wird.

288 m unter dem Gipfel, in 1090 m Meereshöhe, liegt der prächtige Plöckensteinsee, der durch Stifters Worte bereits charakterisiert worden ist. Zwar ist die eigentliche Seewand nur wenig steil; aber über der NW.-Ecke des Sees erhebt sich eine mächtige Wand bankig abgesonderten Granites, die gekrönt wird vom Stifterdenkmal und die mit 75° Neigung scheinbar senkrecht zum See abfällt. In der Seewand selbst, die durch eine Einsattelung von der „Seeplatte“ getrennt wird, ist ein weit vorspringender Felsen, die „Kanzel“ besonders zu einem Überblick geeignet. Direkt über diesem Felsen haben wir eine Neigung von 50°. Im übrigen ist die Seewand zwar oben steiler als unten, aber meist nicht über 35° (Bayberger 80°). Das südöstliche Gehänge neigt sich unter 14° sanft nach NO. und gegen das Seebecken bei der Schneise mit 28°.

Mit einiger Beschwerde können wir den See rings umgehen und dabei mancherlei bemerkenswerte Aufschlüsse erhalten. Wenn wir den Weg, der nördlich vom See zum Gipfel führt, links verlassen, so kommen wir in ein wildes Haufwerk von mitunter hausgroÙen Blöcken, die oft dicht bewachsen sind von Preiselbeer- und Heidelbeergestrüpp. Einige Bäche, die hier dem See zueilen, treten nur selten ans Tageslicht, sondern murmeln verborgen unter jenen Felsstücken. Unterhalb der Seewand ist das Bild nicht viel anders, und besonders nahe der NW.-Ecke des Sees liegt ein gewaltiger Trümmerhaufen. Die Seewand legt sich ziemlich weit zurück und hat im unteren Teile nur 14° Neigung. Die Blöcke, zwischen denen hohes Farnkraut wuchert, reichen bis nahe ans Ufer, und nur ein ganz schmaler Streifen ist sumpfig oder durch im Wasser wachsende Carex scheinbar dem See abgewonnen. Einzelne der Blöcke sind mit Rutschflächen versehen.

Je weiter wir den See umgehen, desto schwieriger wird es, einen Pfad zu gewinnen. In dem dichten Farnkraut kann man nur vorwärts, indem man sich einen Durchgang mäht, und in der SO.-Flanke geht es dann wieder in dasselbe Blockgewirr, in dem man nur zu oft bis an die Hüften einbricht, weil eine trügerische Pflanzendecke die Verbindung zwischen den Felsen herstellt. Die Fortsetzung der linken Flanke bildet das kolossale „Felsenmeer“, in dem Blöcke bis zu 5 m Höhe keine Seltenheit sind. Die Spalten sind auch hier meist von einer Decke aus Heidelbeergestrüpp überwachsen, und in der Tiefe rauschen Wasseradern in unentwirrbarem Geflecht. So weit das Auge in die Klüfte einzudringen vermag, nirgends ein Stück anstehendes Gestein, überall Blöcke, gekrönt von Knieholz. Oft haben benachbarte Blöcke den Anschein, als ob sie zusammengehörten und erst an Ort und Stelle zerbrochen seien, und ich mußte unwillkürlich an den Gipfel des Lusen denken, der ein in sich selbst zusammengefallener Steinhafen ist.

Jenes Felsenmeer dient nicht mit zur Absperrung des Sees, sondern erstreckt sich — immer seitlich bleibend — noch ein Stück thalabwärts. Der Damm wird aus Blöcken gebildet, die etwas kleiner und gerundeter sind und unter einer Schicht von Walderde und Granitgrus verborgen bleiben. Noch weit hinein in den See sieht man die Blöcke schimmern. Der Seebach hat die verbindende Erde auf seinem Wege hinweggespült und arbeitet sich mit 8° Neigung zwischen den Felsen hindurch, bis er auf eine grössere Strecke sich völlig unter denselben verliert. Ein Stück weiter abwärts ist ein großes Filz in den Lauf des Baches eingeschaltet, das jedenfalls den Rest eines einstigen Seebeckens darstellt.

Seebecken¹.

Der See hat eine ausgesprochene Längserstreckung von 435 m — gegen 176 m Breite — und öffnet sich nach NO. Es beträgt:

sein Areal	Volumen
0— 5 m 2 ha 76 a 01 qm	69 025 cbm
5—10 - 1 - 87 - 92 -	140 940 -
10—15 - — - 60 - 98 -	76 225 -
15—18 - — - 72 - 47 -	119 575 -
18 - — - 08 - 14 -	14 652 -
Summa 6 ha 05 a 52 qm	420 417 cbm

¹ Bei der Aufnahme dieses Sees stellte sich die Katasterkarte als ganz unzuverlässig und ca. 100 m zu lang heraus. Auf eine diesbezügliche Anfrage erhielt

(Kataster 7 ha 16,5 a, Möchel, Boh. 13 ha oder 22,58 Joch, Möchel, Führer 30,8 ha, Řivnáč 10 ha, Frejlach 10 ha.) Das Niederschlagsgebiet ist 64 ha groß, so daß wir ein Verhältnis zwischen Seefläche und Niederschlagsgebiet von 1:10,6 erhalten. Zur Ermittlung der Tiefe dienten eine Längsaxe und 5 Querlinien, die folgende Resultate ergaben.

a—b: 3. 3,5. 6,5. 13,5. 17,5. 18,5. 18,5. 16,5. 16,5. 16. 15. 14,6.
12. 11. 5,5.

c—d: 1. 3,5. 6. 10,5. 12. 11,5. 7. 6,5.

e—f: 3,5. 6,5. 12. 15. 15,5. 11. 9,5. 6.

g—h: 1,5. 9. 13. 15,5. 16. 15. 13,5. 11. 5,5.

i—k: 4. 10. 16,5. 18. 18. 15. 8,5.

l—m: 2. 7,5. 13. 14. 15,5. 13,5. 1,5.

Das giebt eine Maximaltiefe von 18,5 m (Möchel, Boh. 32 m, Möchel, Führer 58 m, Řivnáč 30 m, Frič 57', Bayberger schätzt 30 m). Das Becken stellt eine lange Wanne dar, die merkwürdigerweise erst im vorderen Drittel tiefer einsinkt. Unter der steilen „Seeplatte“ dagegen fand ich nur 6,5 m, 30 m vor der Seewand 5,5 m. Bei diesen Angaben muß berücksichtigt werden, daß auch der Plöckensteinsee künstlich regulierbar ist und zur Zeit 2,25 m über dem Tiefstand und damit fast in seiner größten Wasserfülle war.

Thermische Eigenschaften.

Es wurden am 26. Aug. folgende Temperaturen ermittelt: Quelle unter dem Denkmal 7,5°, Ausfluß 13°, nordwestlicher Bach 9,5°, Mittlerer Seebach (unter dem Felsen versteckt) 6°. Da am Tage der Hauptmessung heller Himmel war, wurde, um für den Vergleich geeignete Zahlen zu erhalten, die Messung zwei Stunden früher begonnen. Es ergab sich:

Luft	15°	Differenz
Oberfläche	13,6	1,35°
1 m	12,25	0,0
2 -	12,25	0,25
3 -	12	0,5
4 -	11,5	1,9
5 -	9,6	2,85
6 -	6,75	

ich vom Forstamt Krumau eine Kopie der Wirtschaftskarte 1:5760, die wesentlich andere Umrisse zeigte und jenen Fehler zwar nicht völlig beseitigte, aber doch milderte. Ich habe infolgedessen diese Kopie, mit einer Änderung im S.-Zipfel zu Grunde gelegt.

		Differenz
6 m	6,75	
7 -	5,1	1,65
8 -	5	0,1
9 -	4,75	0,25
10 -	4,5	
18 -	4,5	

Auch für diesen See haben wir ein Beispiel, wie spät im Jahre oft die Erwärmung beginnt; Frič¹ fand 1873 noch im Juli 4° R. als Oberflächentemperatur².

Optische Eigenschaften.

Die Sichtbarkeitsgrenze lag am 26. August bei 2 m Tiefe; die Farbe war nach der Skala Nr. 14. Die Täuschung, die der oberflächliche Anblick des Sees gewährt, ist hier besonders frappant; man würde viel dunklere Töne vermuten. Frejlach hält die Farbe für zu dunkel, als daß sie sich überhaupt mit der bisherigen Uleschen Skala bezeichnen ließe, eine Angabe, die sich nur durch einen methodischen Fehler bei der Beobachtung oder falsche Konstruktion der Skala erklären läßt.

Biologie.

Frič³ hat hier im ganzen 9 Crustaceen-Arten festgestellt, die — wie bereits erwähnt — am meisten an die Fauna des Racheleses erinnern. Es ist nicht recht erklärlich, daß gerade an diesem See die Forellenzucht keine Fortschritte machen will, obgleich die Fische im Bache gleich unterhalb des Sees gut gedeihen. Die Forstleute halten das Wasser für zu fade und zum Trinken unbrauchbar.

Stubenbacher See.

Topographie und Geologie der Umgebung.

Der Stubenbacher See ist eingetieft in die Flanke des Mittagsberges, dessen 1314 m hoher Gipfel jedoch ca. 1 km südlicher liegt.

¹ Sitzungsber. d. K. B. gelehrt. Ges., Math.-nat. Kl., 21. März 1873.

² Die geophysikalischen Untersuchungen, die Dr. Frejlach im Sommer 1894 mit Unterstützung der Akademie d. W. anstellte, sind fast resultatlos verlaufen. Aus Mangel an genügenden Instrumenten blieben die meisten Arbeiten unausgeführt. Die Beobachtungen der täglichen Schwankungen und der Temperaturdifferenzen in der horizontalen Erstreckung der Oberfläche sind bisher nicht veröffentlicht. Vgl. Frejlach, Geofysikálná pozorování v jezeře Plöckensteinském. Věstník České Akad. C. Fr. Jos. V Praze 1895, Č. 6.

³ a. a. O., Sitzung v. 21. März 1873.

Im flachen Bogen legt sich die Seewand zurück und nimmt das kleine, aber imposante Wasserbecken auf, das seine Längsaxe der des Bergzuges anpaßt. Wir befinden uns in der Seewand an einer wichtigen Gesteinsgrenze, die bereits von Hochstetter¹ konstatiert wurde. Er giebt an, daß die südliche Hälfte der Wand aus Gneiß und glimmerreichem Quarzitschiefer, die nördliche aus Granit bestehe. So sehr das erstere Gestein aber auch den gneißartigen Habitus zeigt, so erwies es sich doch im Dünnschliff als völlig feldspathfrei; wir müssen es also als Glimmerschiefer ansprechen. Biotit und Muskovit sind in reichem Maße vorhanden, der Muskovit oft so zertrümmert und zerfasert, daß wir ihn wohl besser schon als Sericit bezeichnen können. Zirkone und Apatite sind ebenfalls im Gestein; Quarz ist regelmässig eingesprengt und bildet oft dicke Lagen. Bisweilen wird durch Eisenhydroxyd eine rötliche Färbung erzeugt. Reiner Quarzitschiefer konnte nur in Blöcken, nicht aber im anstehenden Gestein konstatiert werden. Der Granit der nördlichen Hälfte ist meist feinkörnig und weist durch seinen Gehalt an Mikroklin ebenfalls auf eine gewaltsame Veränderung des Gesteins hin. Das Streichen der Glimmerschieferschichten ist N. 100° O.; die nackten Stellen zeigen einen Schichteneinfall von 50° gegen den See. Eine große Nase von Glimmerschiefer ragt weit hervor in einer Neigung von 40—45°, stellenweise bis 60°. Dann flieht das Terrain etwas zurück, um ein zweites Mal im quarzreichen Schiefer und ein drittes Mal in einem ziemlich widerstandsfähigen Granit vorzudringen (Neigung 45°). Wir suchen also vergeblich nach einem topographischen Ausdrucke des Gesteinswechsels, den wir doch in scharfer Linie bis zum Seeufer verfolgen können. Glimmerschiefer, wie Granit bilden völlig gleich geformte Klippen. Zwei äußerlich ähnlich gebildete Ausläufer umfassen den See im S. und N., aber in der Nähe erweist sich die Granitseite — wie zu erwarten stand — als weit blockreicher. An der Ostseite endlich finden wir jenen klassischen Trümmerwall, der bisher jedem Forscher auf den ersten Blick aufgefallen ist, den Hochstetter, Krejci, Bayberger beschrieben haben und dem selbst Laube² einen Firn-moränencharakter zusprechen möchte. Ca. 3 m hoch erhebt er sich vom Seespiegel aus. Mächtige Blöcke von Granit, Glimmerschiefer, Quarzitschiefer, verbunden durch eine lockere Humusschicht, setzen

¹ Verh. der K. K. geol. Reichsanstalt 1855, VI.

² Herr Prof. Laube hat bereits in einigen Sommern den Böhmerwald zur Prüfung der geologischen Karte bereist und dabei auch nach Glacialspuren gesucht. Sowohl brieflich, wie mündlich teilte er mir freundlichst seine Wahrnehmungen mit, die in einer großen Skepsis gegenüber den „Gletscherspuren“ gipfelten.

ihn zusammen, und prächtiger Hochwald krönt ihn an den meisten Stellen. Nach außen zu fällt er steil 10 m ab und hebt sich so scharf aus dem Terrain heraus, wie sonst kein Seewall im Böhmerwalde. Zu beiden Seiten des Ausflusses ist er künstlich aufgemauert, so daß man den See jetzt ziemlich hoch stauen kann. Der Seebach tost noch weithin durch gewaltige Blockmassen. Ehe wir uns dem See selbst zuwenden, lenken wir unsere Schritte auf dem „Seebachsteig“ südwärts, bis wir in eine Gegend kommen, die von den Forstleuten als „alte Schwelle“ bezeichnet wird. Dort sehen wir den Horizont im Halbrund begrenzt durch den Kamm des Mittagsberges, der hier nach O. umbiegt und so einen schönen Cirkus schafft. Der Boden des Cirkus ist ausgefüllt durch ein Moor von bedeutender Mächtigkeit. Entwässerungsgräben durchziehen dasselbe; doch sagt ein amtliches Gutachten, daß „wegen mangelnden Gefälles der Gräben die erwachsenden Kosten der Entwässerung sich kaum lohnen dürften.“ Wir sehen daraus deutlich, welch ebener Thalboden vor uns liegt und stehen nicht an, ihn als einstigen Cirkussee mit anzuführen. (Vergl. Taf. III.)

Seebecken.

Das Becken ist ringsum scharf begrenzt und nirgends von einem Sumpfrande umgeben. Trotzdem schwanken auch hier die Arealangaben bedeutend: Řivnáč giebt 4 ha, Möchel, Führer 15,6 ha, Kataster 6 Joch 1150 Quadratklafter („Alte Schwelle“ 2 Joch 1481 Quadratklafter). Die Planimetermessungen ergaben:

Areal	Volumen
0— 5 m 1 ha 85 a 96 qm	46 490 cbm
5—10 - — - 91 - 56 -	68 670 -
10—15 - — - 73 - 52 -	91 900 -
15 - — - 06 - 53 -	9 795 -
Summe 3 ha 57 a 57 qm	216 855 cbm

In 5 Lotlinien wurden folgende Tiefen gefunden:

a—b: 2,5. 8. 12,5. 15. 13,5. 11. 4.

c—d: 2. 7. 9,5. 6.

d—e: 4. 11,5. 14,5. 15. 14. 11,5. 6. 2.

e—f: 3. 7. 12. 11. 7.

f—a: 2,5. 3. 3. 2,5.

Das giebt eine Maximaltiefe von 15 m (Möchel, Führer 23 m) und ein Mittel $\left(\frac{V}{F}\right)$ von 6 m. Vor ca. 50 Jahren hat ein Förster, Namens Gulasch, 24 Klafter gemessen. Bayberger giebt an, daß durch einen Förster auf dem Eise 3 Messungen vorgenommen worden

seien, die 18 Klaftern (30—36 m) ergaben. Wenn man diesen Angaben auch nicht allzuviel Vertrauen entgegenbringen darf, so ist es doch bemerkenswert, daß die Zahlen immer kleiner werden; vielleicht gestattet dies den Schluß auf eine allmähliche, wenn auch nicht so rasche Ausfüllung. Das Becken ist, wie Bayberger ganz richtig nach den Uferkonturen vermutete, regelmäfsig konisch angelegt und hat seine tiefste Stelle genau in der Mitte. Die Speisung geschieht in der Hauptsache durch zwei Bäche, die im S. einmünden; der Ausfluß führt sein Wasser durch den Kislingbach zur Wottawa.

Thermische Eigenschaften.

Die Quelle des Seebaches zeigte $4,5^{\circ}$, die erste Bachmündung $9,5^{\circ}$, die zweite $9,25^{\circ}$, ein kleiner dritter Bach 10° , der Schwellbach 9° . Die Luft war zur Zeit der Messung auffallend kühl, nur 9° (am 16. Aug.). Die Schichtentemperaturen waren folgende:

Oberfläche		Differenz
	15°	
1 m	14,9	0,1
2 -	14,25	0,65
3 -	12	2,25
4 -	8	2
5 -	6	2
6 -	5,3	0,7
7 -	4,9	0,4
8 -	4,5	0,4
9 -	4,5	
14 -	4,2	

Es ist auffällig, wie rasch in diesem See mit der Tiefe die Abkühlung eintritt. Da die Forstleute beim Baden zwei außerordentlich kalte Stellen im See gefunden haben, so ist sicher, daß hier die Kälte nicht lediglich aus dem Winter und vom Schmelzwasser stammt, sondern daß unterseeische Zuflüsse immer von neuem kaltes Wasser hinzubringen.

Optische Erscheinungen.

Die Sichtbarkeitsgrenze war am 16. August bei 3,5 m. Die Farbenskala stand mir bei der Untersuchung dieses Sees noch nicht zur Verfügung; doch wage ich nach den Erfahrungen an den übrigen Seen, die Farbe mit ca. Nr. 13—14 anzugeben. Auch hier erscheint die Oberfläche viel dunkler, und Krejci sagt, daß man „nach dem Erklettern des scheinbar aufgemauerten Walles plötzlich die schwarze Fläche des kleinen Sees erblickt“.

Biologie.

Der See macht einen ebenso toten Eindruck wie der Teufelssee; doch hatte Frič ziemlich viel Ausbeute in der Nähe des Ufers. Als bemerkenswert wird *Diaptomus castor* hervorgehoben.

Schneeverhältnisse.

Der Schnee liegt auf dem See ca. 1 1/2 m hoch, unterhalb der Seewand höher als am Ausgange. Er hält sich in dem Cirkus und namentlich in der Seewand ca. 14 Tage länger als im Orte Stubenbach und verschwand im Jahre 1896 erst am 15. Mai.

Der Lakkasee.

Wir wenden uns zum letzten, bis jetzt am wenigsten beachteten und beschriebenen Becken, dem Lakkasee, der am Fusse des Lakka-berges (1346 m) mit 1096 m Meereshöhe eine Seewand von 250 m besitzt. Das ganze Landschaftsbild weicht etwas von den früher beschriebenen ab. Die Seewand tritt weit zurück, und der „Seehangsteig“, der in halber Höhe horizontal hindurch führt, liegt in der Luftlinie bereits 580 m vom Ufer entfernt. Auf der Westflanke, die sich unter 25° gegen den Thalboden neigt, giebt die Gumbelsche Karte zwei Graniteinlagerungen im sonst herrschenden „Gneiß“ an; dieselben konnten aber wegen zu starker Verwachsung am anstehenden Gestein nicht konstatiert werden. An einer Stelle wurde das Streichen der Schichten mit N. 35° W., das Einfallen mit 55° nach S. bestimmt. Der Dünnschliff zeigte außer Biotit, Muskovit und Quarz reichliche Sillimanitfilze und dann noch ein orthoklasähnliches, aber stärker lichtbrechendes und schärfer begrenztes Mineral. Plagioklas fehlt ganz, und wenn der spärlich vorhandene fragliche Gemengteil als Orthoklas bezeichnet würde, wäre das Gestein doch nicht als Gneiß, sondern höchstens als Gneiß-Glimmerschiefer aufzuführen. Es ist wünschenswert, daß aus der weiteren Umgebung des Lakka- und Stubenbacher Sees Gesteinsproben mikroskopisch untersucht werden; jedenfalls werden uns dann die Ergebnisse veranlassen, das Glimmerschiefergebiet der Karte bedeutend nach SO. zu verlängern.

In der Seewand begegnen wir einer fünfmaligen Einlagerung von Granit, die sich durch die hervortretenden, ausgewitterten Orthoklase, nicht aber in den größeren topographischen Zügen ausprägt. Unter dem Mikroskop giebt uns der Granit wieder ein Bild stärkster Zerstörungswirkung: der Biotit ist stark verbogen, randlich und in Buchten in Muskovit umgewandelt. Der Quarz ist zertrümmert; der Plagioklas

zeigt beginnende Mikroklinbildung. Große Apatite und Zirkone mit reichlichen Flüssigkeitseinschlüssen bilden die accessorischen Gemengteile. An einem Bächlein beobachten wir eine außerordentlich granatreiche Varietät des Glimmerschiefers. Eigentümlich ist die Anordnung der Granaten längs der Grenzlinien von Quarzeinlagerungen oder in den Spitzen der bauchigen Quarzlinsen. Doch sind sie auch sonst im Gestein weit verbreitet.

Bei einer Bank am Wege wurde die Neigung der Seewand direkt am Abhange mit 30° , beim Visieren zum Seeufer mit 12° bestimmt. Die steilen, glatten Felsen neigen sich unter einem Winkel von 40° ; die abwärts laufende Schneise hat 17° . Klettert man an letzterer abwärts, so sieht man am ersten Steilabsatz die innige Beziehung zwischen Granit und Glimmerschiefer.

Auch der Lakkasee wird durch einen Damm abgesperrt, der zum Teil Kunstprodukt ist. Bereits in den dreißiger Jahren wurde von dem damaligen Besitzer Christoph Abele eine Erhöhung vorgenommen; im Jahre 1888 erfolgte eine zweite Aufstauung im Interesse der abwärts liegenden Glasschleiferei, so daß jetzt das künstliche Stück der Dammhöhe ca. 0,80 m beträgt. Der alte Abfluß im O. wird nur noch als „Überfall“ benutzt; die Hauptentwässerung geschieht durch einen künstlichen Kanal in der Mitte; ein dritter Bach endlich scheint den Wall an einer durchlässigen Stelle im NW. abzapfen zu wollen. Die Natur des Walles läßt sich an einigen Anschnitten gut studieren. Es wurden dort große und kleine Blöcke im braunen Lehm gefunden, zum Teil mit platten, ebenen Harnischflächen, zum Teil auch gerundet und spärlich gekritzelt. Durch die beiden Hauptabflüsse wird ein größeres Stück Land eingefasst, das sich mit sanfter Rundung ca. 15 m aus dem Thalbede heraushebt. Eine neue Weganlage entblößte auch diese Ablagerung. Fast alle der Hunderte von untersuchten Blöcken auf den Steinhaufen am Wege waren schön gerundet und besonders die Quarzeinlagerungen deutlich geglättet. Ritzlinien wurden selten beobachtet.

Seebecken.

Der See war bei meiner Anwesenheit zum Zwecke des Forellenfanges abgelassen, und so lag fast das ganze Becken, das Möchel mit 20 m, Řivnáč mit 16 m Tiefe angiebt, wasserlos dem prüfenden Blicke freigegeben. Nur den vorderen Teil füllte eine — durch die Om-Isobathe in der Karte umgrenzte — Wasserlache von höchstens 0,75 m Tiefe. Ein künstlich gerade gelegter Kanal verband sie mit dem Hauptseebache, mehrere Serpentinaen führten in einen zweiten Zufluß.

Einige Inseln, die sonst auf dem Wasser schwimmen und mit dem Stande desselben auf- und niedersteigen, lagen auf dem schlammigen Grunde, und eine Stange von 3,6 m Länge fand auf ihnen noch keinen festen Grund. Zahlreiche eingewurzelte Baumstämme im hinteren Teile und an den Flanken bewiesen, wie beim Rachelsee, daß die Seefläche vor dem Eingreifen des Menschen bereits viel weiter zusammengeschwunden war. Auf dem feinen grauen Schlamme des Grundes wucherten zahlreiche Pflanzenbüschel (*Myriophyllum*, *Potamogeton*, blaugraue Algen). Die Angabe des Seefischers, daß in den letzten 10 Jahren sich mindestens 1 m Schlamm abgesetzt habe, verdient Vertrauen und zeigt, wie rasch die Verlandung eines solchen Sees vor sich gehen kann und wie berechtigt der Name „Lache“ schon jetzt für dieses Wasserbecken ist. Wenn der See bis zum Überfall gestaut ist, besitzt er eine Tiefe von 3,75 m, und es bleibt dann bis zur Dammhöhe noch ein Streifen von 50 cm frei. Das Areal des Beckens beträgt 2 ha 53 a 17 qm (Řivnáč 3,5 ha), die gestaute Wassermasse 50 634 cbm.

Thermische Eigenschaften.

Die Quelle in der Seewand hatte am 14. August 4,75°, der erste Bach 10°, der zweite 8,75°. Im hinteren Teile des Seebeckens konnten nicht weniger als 6 Quellen nachgewiesen werden, die für gewöhnlich unter dem Wasserspiegel liegen. (In der Karte sind sie durch Ringe markiert.) Sie hatten sämtlich nur 4—5° Wärme und waren den Anwohnern bereits durch die kalten Strömungen in ihrer Nähe bekannt. Die Seeoberfläche zeigte 14,5°, der Abfluß 13° (Luft 11,5°).

Schneeverhältnisse.

An einer Stelle in der Seewand konnte die Schneehöhe des letzten Winters durch eine Markierung mit 2,5 m direkt gemessen werden. Auch im Thale sind durch Pfahlmarkierungen Höhen von 2—3 m nachgewiesen. Am Vorderende des Sees pflegt der Schnee etwas weggeweht zu werden. Blöcke kommen aus der Seewand mit dem Schnee anscheinend nicht herunter.

Weiterer Umblick.

Mit den beschriebenen acht Seen ist die Zahl der Wasserbecken im Böhmerwalde — abgesehen von dem kleinen Tümpel des Filzsees — erschöpft. Denn der Dreisesselbergsee, den Möchel in seiner Tabelle noch anführt, scheint (trotz specieller Angaben über Höhe,

Areal und Tiefe) nur ein Phantasiegebilde des Autors zu sein. Aber Seen bezeichnen nur Durchgangsstadien in der Thalbildung, und wenn wir die zahlreichen Filze und Moore des Waldes näher untersuchen, so werden wir sicher manchen als einstiges Seebecken wieder erkennen. Wir möchten diesen Abschnitt nicht verlassen, ohne auf einen mächtigen hypothetischen Stausee aufmerksam zu machen, dessen Beschreibung — weil in einem hydrotechnischen Werke enthalten — wenig bekannt sein dürfte. Der Ingenieur W. Daniel¹ sucht die Gefahr des Hochwassers für Budweis dadurch zu beseitigen, daß er im Gebiete der oberen Moldau jene Stauwälle, die die Natur dem Wasser einst selbst entgegenstellte, zu rekonstruieren vorschlägt. Seine Karte zeigt uns einen See von 44 km Länge, 7—22 km Breite, 90—100 m Tiefe und 800 m Meereshöhe, dessen Ufer ungefähr bestimmt wird durch die Orte Obermoldau, Kuschwarda, Wallern, Tusset, Mugrau, Friedberg. Die Durchbruchsstelle des „Urzeitsees“ wäre am Kienberge, unterhalb welches die Moldau sich in einer malerischen Schlucht, der „Teufelsmauer“ zwischen den Bergmassen hindurcharbeitet. Und in der That, wenn man — etwa vom Vogelsberg bei Eleonorenhain oder von der Wallfahrtskirche in Oberplan — die weite, fast horizontale Ebene überblickt, in der die Moldau sich in zahlreichen Serpentinien hin- und herwindet, so kann man sich des Gedankens nicht erwehren, hier vor einem alten Seebecken zu stehen. Leider hatte ich nicht Gelegenheit, genügendes Beweismaterial dafür herbeizuschaffen. Die wenigen untersuchten Bohrlöcher bei Eleonorenhain zeigten fetten Lehm mit eckigen Gneifsfragmenten, sich auskeilende Linsen von Kaolin („Techel“), in denen sich teilweise noch die Gneifsstruktur erkennen liefs. Eine schwerdurchlässige Schicht von Raseneisen schlofs diese Bildung unten in der Regel ab. In gröfserer Tiefe wiederholten sich dieselben Ablagerungen schichtenweise. Eine achtstündige Wanderung auf der problematischen Uferlinie des Sees liefs keinerlei Spuren einer Wasserwirkung erkennen. Es wäre für die spätere Forschung eine dankbare Aufgabe, hier weitere Untersuchungen anzustellen und besonders die mächtige Ausgangsschwelle näher zu prüfen.

¹ Das Flußgebiet der Obermoldau und Maltsch. Studie über Hochwassergefahren. Prag 1892.

Tabellarische Übersicht der Böhmerwaldseen.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
	Meereshöhe	Höhe der Seewand	Relat. Höhe der Seewand	Tiefe: Seewand	Maximal-Tiefe	Mittlere Tiefe $\left(\frac{F}{V}\right)$	Sohlenhöhe	Länge	Breite	Areal des Sees	Areal pro 1 m Tiefe	Niederschlagsgebiet	Areal des Sees: Niederschlagsgebiet	Volumen des Wassers	Sichtbarkeitsgrenze	Farbe nach Ules Skala	Exposition des Cirkus	Mittel-Temperatur des Wassers
Schwarzer See .	1008	1343	335	1: 8,5	40	17	968	662	465	18,4135	0,46	125	1: 5,7	3'240	3,3	12—13	O	5,9°
Teufelssee . . .	1030	1343	313	8,7	36	14,7	994	432	260	9,7157	0,27	105	10	1'426	2,3	15	O	5,7°
Großser Arbersee.	934	1345	411	27,4	15	6,1	919	441	144	4,3245	0,29	220	50,9	265	4,1	15	O	8,3°
Kleiner Arbersee .	925	1391	456	91,2	6?	3	920	165	135	2,4525	0,49	180?	72	61	—	—	N	—
Lakasee . . .	1096	1346	250	62,5	4	2	1092	374	86	2,5317	0,63	130	52	50	—	—	NO	—
Stubenbacher See	1079	1314	235	15,6	15	6	1064	290	175	3,5757	0,24	50	14	216	3,5	13—14	O	7,4°
Rachelsee . . .	1050	1300 (1446)	396	29,3	13,5	4,4	1036	285	195	3,7485	0,27	151 (60)	40,5	164	2,8	16	SO	7,8°
Plöckensteinsee .	1090	1378	288	15,4	18,5	6,9	1071	435	176	6,0552	0,33	64	10,6	420	2	14	NO	7,4°

III. ALLGEMEINER UND ZUSAMMEN- FASSENDE TEIL.

Geologie.

Der Böhmerwald gehört zu jenen uralten Gebirgen des mitteleuropäischen Typus. Längst ist der oberflächliche Ausdruck seiner inneren Tektonik verwischt; jüngere Dislokationen beeinflussten die Landschaft nur in geringem Maße. Und so sind seine orographischen Züge fast lediglich das Produkt der Erosion und Denudation einerseits, der verschiedenen Widerstandsfähigkeit der Gesteine andererseits. Das Gebirge besteht im wesentlichen nur aus Granit und archaischen Gesteinen: Gneiß, Glimmerschiefer, Hornblende; Kalk fehlt ganz. Von den Seen befinden sich

im Gebiete des Granits der Plöckensteinsee,

- - - Gneißes die beiden Arberseen und die Rachelcirken,
- - - Glimmerschiefers: Schwarzer und Teufelssee,
- - - Gneißglimmerschiefers im mehrfachen Wechsel mit Granit: Lakkasee,

auf der Grenze zwischen Granit und Glimmerschiefer: Stubenbacher See.

Für den Teufelssee und den alten Rachelcirkus erwiesen sich die Angaben über einen sich in ihrem Bereiche vollziehenden Gesteinswechsel als falsch. Die tiefsten Becken liegen im Glimmerschiefer, der ja auch oberflächlich die schroffsten Formen erzeugt. Mehr oder weniger deutliche Spuren von Dislokationen, z. B. Harnischbildungen, wurden in der Umgebung fast aller Seen nachgewiesen (mit Ausnahme des Stubenbacher und Teufelssees). Eine feste Felsschwelle derselben war nirgends erkennbar; nur das Arberseeloch zeigte in seinem vorderen, von der Sumpfschicht entblößten Teile horizontale, geglättete Felspartieen, endend in einer kleinen Thalstufe.

Glacialspuren.

Verschiedene Umstände erschweren im Böhmerwalde die Feststellung der Glacialspuren:

1. Die dichte Bewachsung hindert die Untersuchung des Felsuntergrundes und die genaue Terrainaufnahme.
2. Die eintönige geologische Zusammensetzung macht den Nachweis ortsfremder Gesteinsblöcke oft unmöglich.
3. Runde Blöcke werden in den meisten Gegenden auch durch Verwitterung erzeugt und in großen Massen aufgehäuft.
4. Das anstehende Gestein zeigt auch ohne Gletscherwirkung oft gerundete Formen.
5. Schliffe und Schrammen erhalten sich auf Granit und krystallinischem Schiefer schwer.

Im speciellen Teile dieser Abhandlung sind alle Spuren in der Nähe der Seen, die etwa auf Glacialwirkung hindeuten könnten, beschrieben; es muß dem nachprüfenden Glacialforscher überlassen bleiben, welche derselben für ihn genügende Beweiskraft haben. Jedenfalls können wir einige der Wälle als Moränen von kleinen Gletschern ansprechen, so wenigstens den Wall des kleinen Arbersees, des Stubenbacher und Lakkasees. Bei den übrigen Seen sind die Dammformen mehr oder weniger undeutlich ausgeprägt. Ge glättete und gekritzte Geschiebe sind am Lakkasee sicher nachgewiesen, am Schwarzen See undeutlich vorhanden. Auch die kleine Schliffstelle und die Rundhöckerformen am Teufelssee dürften genügende Beweiskraft haben. Eine untere Firngrenze festzustellen, ist uns nicht möglich, nachdem die Angaben von Bayberger durch die Kritik zurückgewiesen worden sind. Als sicher aber dürfen wir wohl annehmen, daß die hochgelegenen Seebecken einst alle einmal an der Firngrenze gelegen haben.

Topographie.

1. Die Höhenlage der Seen bewegt sich nur zwischen engen Grenzen; sie schwankt zwischen 925—1093 m, also nur innerhalb eines 168 m breiten Gürtels. Nachbarseen liegen nahezu in demselben Niveau, so daß wir folgende Paare erhalten:

Arberseen	9 m Differenz.
Schwarzer und Teufelssee . .	22 - -
Lakka- und Stubenbacher See	17 - -

Der Rachelsee und der am höchsten gelegene Plöckensteinsee bilden zwei isolierte Etagen. Das Bild ändert sich nur wenig, wenn

wir anstatt der Höhe der Seespiegel die Sohlenhöhe einsetzen. (Vgl. 7. Rubrik der Übersichtstabelle).

2. Alle Seen sind (in derselben Weise wie im Schwarzwald und in den Vogesen) eingesenkt unterhalb der höchsten Gipfel des Gebirges, die sämtlich über 1300 m hoch liegen. Wenn wir für den Rachelsee nicht den Rachelgipfel, sondern den 1300 m hohen anschließenden Rücken als Höhepunkt der Seewand ansehen, so erhalten wir für sämtliche Kulminationspunkte nur eine Schwankung von 1300—1391 m.

3. Daraus folgt, daß auch die relative Höhe der Seewände eine sehr gleichartige ist und den übereinstimmenden landschaftlichen Charakter der Becken bedingt. (Vgl. Rubrik 3.)

4. Alle Seen — mit Ausnahme des Rachelsees — sind nach N bis O exponiert, eine Thatsache, die bereits von Partsch und Bayberger hervorgehoben und in nicht überzeugender Weise mit den begünstigten Schneeanhäufungen im Wind- und Sonnenschatten in Beziehung gesetzt wurde.

5. Nach ihrer Flächengröße gehören die Seen zu den kleinsten derartigen Becken; ihr Areal schwankt zwischen 2,5—18 ha. (Vgl. Fischsee in der Tatra 33 ha, Weißer See in den Vogesen 29 ha).

6. Die Niederschlagsgebiete, die zum Teil künstlich vergrößert sind (Rachelsee!), schwanken zwischen 50—220 ha.

7. Setzen wir die Größe der Niederschlagsgebiete in Vergleich zu den Seearealen, so erhalten wir interessante Beziehungen zum Grade der Versumpfung. Je bedeutender die relative Größe des Niederschlagsgebietes, desto mehr wird dem See Ausfüllungsmaterial zugeführt, desto rascher muß also der Prozeß der Verlandung vorwärtsschreiten. Und in der That stehen die Zahlen der Rubrik 13 beinahe im reciproken Verhältnis zu den mittleren oder Maximal-tiefen. Wenn beim großen Arbersee das Niederschlagsgebiet das 50fache, beim Rachelsee das 40fache der Seefläche beträgt, wird naturgemäß die Verlandung rascher vor sich gehen, als beim Schwarzen See, wo wir nur das Verhältnis 1:5,7 finden.

8. Die Tiefe der Seen erscheint uns in verschiedenem Lichte, je nach dem Vergleichsobjekte, zu dem wir sie in Beziehung setzen. Ein Blick auf die Profile (Taf. II) belehrt uns, daß die Tiefen außerordentlich gering sind im Vergleich zur Höhe der Seewände. Selbst der tiefste, der Schwarze See, wird durch seine Seewand noch um das 8,5fache übertroffen, ähnlich der Teufelssee. Noch viel bedeutender ist die Differenz beim großen Arber- und Rachelsee, wo sie das 27—29fache beträgt — ganz abgesehen von den beiden Seen, die mehr den Charakter eines abgedämmten Flusses tragen. Solche Betrachtungen sind

geeignet, die landläufigen Vorstellungen von der Unergründlichkeit der Seebecken abzuschwächen¹.

9. Anders gestaltet sich das Verhältnis, wenn wir das Areal berechnen, das durchschnittlich auf 1 m Tiefe kommt. Geistbeck² giebt als Mittel für Vorlandseen 78,8 ha, für Gebirgsseen 17,09 ha, für den Urnersee 8,77 ha und knüpft an diese Zahlen die Behauptung, daß alle Vorlandseen relativ seicht sind. Unsere Seen zeigen bei dieser Betrachtung bedeutend größere Tiefe. Bei keinem See erreicht das Areal pro 1 m Tiefe auch nur 0,5 ha, beim Stubenbacher See, der im Verhältnis zu seiner Größe die bedeutendste Tiefe besitzt, nicht $\frac{1}{4}$ ha. (cf. Rubrik 11!)

10. Die Beckenformen zeigen durchaus nicht die Einheitlichkeit, die man erwarten konnte. Der Schwarze See z. B. hat eine tiefe Wanne direkt unter der Seewand und nach vorn nur ein flaches Ansatzstück. Der Stubenbacher und Teufelssee haben die regelmässigste Beckenform mit der Maximaltiefe in der Mitte, ebenso der Rachelsee, wenn wir die künstliche Stauungsfläche entsprechend reduzieren. Der Plöckensteinsee endlich hat seine tiefste Stelle weit vorn, in der Nähe des Ausganges. Die übrigen Seen erscheinen als langgestreckte, abgesperrte Thalwannen von geringer Tiefe.

11. Das Volumen des Wassers schwankt bei den verschiedenen Seen zwischen $\frac{1}{4}$ und 3 Millionen cbm.

12. Der Seebach fließt mit einer Neigung von ca. 10^0 abwärts, so daß am Ausflusse desselben eine Gefällsknickung des Thales vorhanden ist.

Nach dieser Zusammenstellung geologischer und morphologischer Merkmale sind wir in der Lage, den Formentypus der Böhmerwaldseen etwas schärfer zu bestimmen. Für alle jene lehnstuhlantigen oder einem Amphitheater ähnlichen Einschnitte im Gehänge, die den Seen unseres Gebietes, wie vieler anderen Gebirge Raum gewähren, hat Charpentier³ zuerst den Namen „Cirkus“ gebraucht. Dieser Ausdruck hat in der Terminologie teils in engerem, teils weiterem Sinne Aufnahme gefunden. Geistbeck⁴ unterscheidet a) Trichter-cirken oder Kare; das sind nach unten sich zuspitzende Nischen ohne

¹ So verschwindend klein, vielleicht selbst undeutlich, in den Profilen manche Seetiefen erscheinen, ist es doch unbedingt erforderlich, alle Verhältnisse in derselben Verjüngung darzustellen, sobald man an ein solches Bild genetische Erwägungen knüpfen will.

² Die Seen der deutschen Alpen, S. 284.

³ Essai sur la constitution géognost. der Pyrenées. 1823, S. 24.

⁴ a. a. O. S. 230.

Thalboden, die sich durch eine enge Klamm, Tobel oder Rofla entleeren; b) Botner, mit ziemlich breitem Thalboden, durch „planare“, muldenschaffende Erosion des strömenden Eises entstanden; c) Mischtypen, in denen die halbkreisförmigen Berggehänge durch bohrende Thätigkeit der Gebirgswässer eine deutlich ausgesprochene Gliederung, Rippung angenommen haben und denen ein intakter Riegel fehlt.

Böhm¹ definiert „Kar“ als eine Nische im Gehänge, durch einen Steilabsturz, die Karterasse, vom Thalgrunde getrennt. Die typische, unverletzte Ausbildung nennt er „Kesselkar“, vorn durch eine feste Bodenschwelle geschlossen, mit einem kleinen See, dessen Becken eine konstante Neigung gegen den vorderen Ausgang zeigt. In diesem Sinne setzt er „Kar“ als völlig identisch mit den nordenglischen „Coombs“, den pyrenäischen „Oules“, den „Cirques“ der französischen Schweiz. Von der Gesamtheit der Cirken würde der Begriff „Kar“ nach Böhms Definition nur die Gehängecirken umfassen, die Thalcirken (norweg. „Saekkedale“) dagegen ausschließen. In ähnlicher Weise scheidet auch Penck², der die Pyrenäencirken als die „charakteristisch erweiterten Wurzelpunkte von Eisströmen“ erklärt. Es erscheint jedoch nicht ratsam, in eine Definition Andeutungen über eine Genesis aufzunehmen, für die der vollgültige Beweis noch nicht erbracht ist; ebenso wenig möchten wir solche Merkmale in derselben geltend machen, die — wie das Vorhandensein fester Felsschwellen oder von Felsbecken — nur in den wenigsten Fällen der direkten Beobachtung zugänglich sind. Wenn wir die Seebecken des Böhmerwaldes jetzt unter die Klasse der Kare einreihen, so fassen wir diesen Begriff etwa in dem Sinne, wie ihn Penck in seiner Morphologie³ giebt: „eine nischenförmige Einbuchtung im Gebirgsgehänge, welche sich ähnlich wie ein cirkusförmiger Thalschluss in die Gebirgskämme eindrängt, aber sich nicht in die Thäler fortsetzt, sondern isoliert gewöhnlich nahe den Scheidelinien gelegen ist.“

Thermische Erscheinungen.

Die Vergleichung der Temperaturverhältnisse an und in den Seen sollen uns einige graphische Darstellungen erleichtern (Taf. IV). In der einen

¹ Die alten Gletscher der Enns und Steyr. Jahrb. d. geol. Reichsanst. 1885, 35. Bd., 3. H., S. 523.

Vgl. auch Böhm, Bodengestaltende Wirkungen der Eiszeit. Schriften z. Verbreitg. naturw. Kenntn. 1892, Bd. 31, S. 477—511.

Böhm, Die Hochseen der Ostalpen; Mitteil. der Wiener geogr. Ges. 1886, S. 625—647.

² Die Eiszeit in d. Pyrenäen. Mitt. d. V. f. Erdk. Leipzig 1883.

³ Morphologie der Erdoberfläche. 1894, Bd. II, S. 305.

sind die Temperaturen von Meter zu Meter am Rande von Streifen eingezeichnet, die jeweilige Abnahme um 1°C . durch stärkere Querstriche innerhalb derselben kenntlich gemacht. Die kurvenmäßige Darstellung, in der die Ordinaten die Tiefe, die Abscissen die Temperaturgrade bestimmen, soll durch Übereinanderlegen der Linien eine direkte Vergleichung ermöglichen. Um daran zu erinnern, daß diese Darstellungen gewissermaßen nur Momentaufnahmen sind, die einen Vergleichswert nur deshalb besitzen, weil sie alle im August 1896 unter nahezu denselben Witterungsverhältnissen und zu derselben Tageszeit gewonnen sind, ist überall die Lufttemperatur beigegeben. Wir können kurz folgende Sätze feststellen¹:

1. Alle Zuflüsse der Seen zeigten eine fast übereinstimmende Temperatur von $9\text{--}10^{\circ}$. Wurden dieselben dagegen direkt an der Quelle gemessen, so stellten sich nur $4\text{--}5^{\circ}$ heraus.

2. Alle Abflüsse hatten wesentlich höhere Ziffern. Je nach dem zufällig erwärmenden Einflusse betrug die Temperaturerhöhung $3\text{--}5^{\circ}$. Einige Kilometer bachabwärts geht jedoch dieser Wärme-

¹ Vergleiche hierzu die Ergebnisse in folgenden Arbeiten:

Forel, Températures lacustres. Arch. des sciences phys. et nat. Genève 1880, T. III.

Forel, Temperaturverhältnisse des Bodensees; übersetzt v. Graf Zeppelin. Schriften des Ver. f. die Geschichte des Bodensees u. seiner Umgebung. 1893, Heft 22.

Geistbeck a. a. O. S. 343.

Emmeran Bayberger, Phys. u. geol. Verh. des Chiemsees. Diss. Leipz. 1890.

Ule, Temperatur der balt. Seen. Petermanns Mitteil. 1892, S. 287.

Richter, Die Temperaturverh. der Alpenseen. Verh. d. 9. dtsh. Geogr.-Tages, Wien 1891, S. 193.

Graf Zeppelin, Über die Erforschung des Bodensees. Verh. d. 9. dtsh. Geogr.-Tages, Wien 1891, S. 198.

Grissinger, Untersuchungen über die Tiefen- u. Temperaturverh. des Weißen Sees in Kärnten. Petermanns Mitt. 1892, S. 155.

Langenbeck, Die Temp.-Verh. des Weißen Sees bei Urbeis. Geograph. Abh. der Reichsl. Els.-Lothr. 1892, H. 1, T. 3, S. 170 ff.

Langenbeck, Petermanns Mitt. 1893, S. 122–124.

Ule, Die baltischen Seen. Verh. d. 10. dsch. Geogr.-Tags 1893, S. 105–115.

Ule, Instrumente z. Seeforschung. Petermanns Mitt. 1894, S. 214.

Frejlach, Geofysikálná pozorování v jezeře Plöckensteinském. Věstník České Ak. C. Fr. Jos. 1895. Č. 6.

Natterer, Tiefseeforsch. im Marmarameer. Fortschr. d. Physik. Abt. III, c. 3.

Regelmann, Wärmemessungen in und an dem Bodensee zu Kressbronn. Württ. Jahrb. f. Statistik u. Landeskunde. 1886.

gewinn wieder verloren, und die Wassertemperatur nähert sich wieder der der Zuflüsse.

3. Die Lufttemperaturen waren bei der herrschenden Witterung meist niedriger als die des Wassers. Es erhellt daraus, daß die Seen oft für die Umgebung zu einer Wärmequelle werden. Ob daraus aber eine klimatische und phänologische Bedeutung für die Uferlandschaft herzuleiten ist, steht bei der Kleinheit der Becken sehr in Frage. Thatsächliche Beweise wurden nicht festgestellt¹.

4. Alle Seen sind kalt; denn wir finden in allen eine mehr oder weniger mächtige Schicht von 4—5 ° C. In zwei Fällen wurde diese Temperatur selbst noch an der Oberfläche im Juni und Juli nachgewiesen. Die Seen sind kalt, auch im Verhältnis zu dem sonst ganz gleichgearteten Weißen See bei Urbeis, der ungefähr in derselben Jahreszeit erst bei 17 m Tiefe seine Sprungschicht zeigte. Nach Richter² ist überall da die Hauptmasse des Wassers nahe der Temperatur der Maximaldichte desselben, wo die Wintertemperatur der Luft längere Zeit unter 0 ° sinkt. Wenn der höchste Grad der Erwärmung (nach Richter) Ende August fällt, so haben wir einen weiteren Beweis für die Kälte der Seen. Unsere Erfahrungen am Stubenbacher und Lakkasee berechtigen uns zu der Annahme, daß wir es hier nicht nur mit einer Konservierung der Wintertemperatur und der Abkühlung durch Schmelzwässer bis in den Frühsommer zu thun haben, sondern daß unterseeische Quellen fortwährend neues, kaltes Wasser zuführen.

5. Bei der kühlen Spätsommerwitterung, in der die Untersuchungen stattfanden, konnten überall vier Regionen unterschieden werden (in Taf. IV durch verschiedene Farbe markiert):

- a. eine Oberflächenschicht mit langsamer Wärmeabnahme,
- b. eine Sprungschicht, in der die Temperatur rapid auf ca. 7,5 ° sinkt,
- c. eine Übergangsschicht, mit langsamer Abnahme bis zu 5 °,
- d. eine Tiefenschicht mit nahezu konstanter Temperatur von 5—4,5 °.

In der Sprungschicht war meist oben eine etwas raschere Abnahme, als unten.

6. Die seichten Seen wiederholen das Bild der tiefen, nur gedrängter. Naturgemäß hat der tiefste See auch die mächtigste erwärmte Oberflächenschicht. Die Kurven der seichten Seen kreuzen sich bei 3 m Tiefe, in der sie alle 12 ° zeigen.

¹ Vgl. Wallmann, Zeitschr. des österr. Alpenvereins. 1868, IV.

Pfaff, Die Naturkräfte in den Alpen, S. 118.

Forel, Le Léman II, S. 403.

² a. a. O. S. 190.

Dafs bei der Ausbildung der Sprungschicht und bei der Erwärmung der Seen die direkte Strahlung, sowie die Leitung nur eine geringe Rolle spielt, ist bereits von Richter überzeugend nachgewiesen worden. Forel¹ stellt folgende Wärmequellen für die Seen zusammen:

- a. die Sonne,
- b. Zurückwerfung der Strahlen von der Küste,
- c. direkte Berührung mit der Luft,
- d. latente Wärme bei Kondensation von Wasser,
- e. zufließende Gewässer und Regen,
- f. Transformation der Arbeit des Windes,
- g. Tier- und Pflanzenleben und Verwesungsprozesse,
- h. Erdwärme.

Dem gegenüber steht ein Wärmeverlust durch

- a. Ausstrahlung in den Weltenraum,
- b. Berührung mit kalter Luft,
- c. Verdunstungskälte,
- d. Schneeschmelze,
- e. kalte einströmende Gewässer.

Die Fortpflanzung der Wärme im Wasser geschieht durch

- a. Leitung, α . diatherman (sehr schwach),
 β . einfache Leitung (ebenfalls sehr schwach, in 24 Stunden 0,3 m, im Jahre 6 m),
- b. Konvektion, d. h. Bewegung der Wasserteilchen,
 α . thermische Konvektion durch wechselnde Dichte,
 β . mechanische Konvektion, durch äußere Anstöße hervorgerufen.

Es läßt sich die Theorie über die Erwärmung der Seen nicht besser und kürzer darstellen, als in dieser Zusammenfassung der Forelschen Ergebnisse.

Aus den Beobachtungen der täglichen Schwankungen, deren geringe allgemeine Bedeutung wir bereits früher betont haben, lassen sich nachstehende Sätze als Ergebnisse gewinnen:

1. Bei intensiver Erwärmung schiebt sich über der Sprungschicht eine zweite sekundäre ein. Es ist dabei gleichgültig, ob die Erwärmung durch die Luft, resp. Sonnenstrahlung oder durch einen warmen Regen (vgl. 22. Aug.) hervorgerufen wurde.

2. Die Kurve der Oberflächentemperatur zeigt, verglichen mit der Luftkurve, ein bedeutend abgeschwächtes Bild der letzteren mit

¹ Le Léman II, S. 289.

verspätetem Höhepunkt. Während das Maximum der Luftwärme auf nachmittags 3^h fällt, liegt es im Wasser infolge der schwereren Beeinflussung auf 6^hp. Die tägliche Schwankung an der Oberfläche betrug bis 3,3°, also ziemlich viel im Verhältnis zu Ules Erfahrungen an den baltischen Seen. Auch bei 1 m Tiefe erhalten wir noch eine ähnliche Kurve, naturgemäß noch etwas mehr abgeschwächt. Hätten wir zwischen 6^h und 12^hp noch eine Messung eingeschaltet, so würde sicher auch eine weitere Verschiebung des Höhepunktes zum Ausdrucke kommen.

3. Innerhalb der von der Luft beeinflussten Schicht ist eine Region fast unveränderlich. Diese sonderbare Erscheinung, die am besten in der Kurve der 3 m-Tiefe zur Darstellung kommt, ist bis jetzt noch an keinem See beobachtet worden.

4. Bei 7 m Tiefe können wir wieder Schwankungen konstatieren, ohne daß es uns gelingt, aus der kurzen Beobachtungsreihe eine Gesetzmäßigkeit herauszulesen.

— 5. Von 10 m an haben wir eine konstante Temperatur, die sich wenigstens von den täglichen Schwankungen nicht beeinflussen läßt. Forels Beobachtungen lassen uns jedoch nicht im Zweifel, daß innerhalb eines Jahres selbst die tiefsten Binnenseen unter Umständen eine Erwärmung bis auf den Grund erfahren können.

6. Vergleichen wir die Temperaturen eines warmen Tages und der darauffolgenden Nacht, so beobachten wir jenen Prozeß, den Forel als „Uniformisation“ bezeichnet. Die kleine sekundäre Sprungschicht, die sich im Laufe des Tages gebildet hat, verschwindet in der Nacht wieder, und die Kurve verliert ihre obere Ausbiegung. Dieser Prozeß schreitet nach dem Herbste zu immer tiefer und bewirkt den allmählichen Ausgleich der Temperatur, bis schließlich im Winter auch die Oberfläche 4° zeigt und die „stratification inverse“ eintritt; wir könnten also gewissermaßen von einer „uniformisation annuelle“ sprechen.

7. Eine Verschiebung der Sprungschicht in der Nacht nach oben, am Tage nach unten, wie sie Langenbeck angiebt, läßt sich an dem vorhandenen Material nicht konstatieren.

In der Erklärung der Sprungschicht können wir uns völlig an Richter, Langenbeck etc. halten, wonach die obere Grenze der Sprungschicht nichts anderes ist, als die Region, bis zu welcher die vertikalen Konvektionsströme sich erstrecken¹. Die Oberfläche wird in der Nacht stark abgekühlt; die so dichter gewordenen Schichten

¹ Langenbeck a. a. O., S. 185.

sinken, bis sie Wasserteilchen gleicher Dichte finden. Mit dieser Erklärung läßt sich auch die Beobachtung vereinen, daß wir oben eine Region gleichbleibender Temperatur finden; wir haben dort das Centrum dieses Kreises, mit einer Temperatur, nie so warm wie die durchschnittliche Erwärmung an der Oberfläche — also schwerer —, aber doch wärmer, als die während der Nacht abgekühlte und sinkende Schicht. Auch darin stimmen wir mit Langenbeck überein, daß die rasche Durchwärmung eines Beckens nicht von einer konstant hohen Sommertemperatur abhängig ist, sondern von der Differenz zwischen Tag- und Nachtwärme an der Oberfläche, die ja erst einen thermischen Konvektionsstrom hervorruft und so die oben eingetretene Erwärmung für die tieferen Schichten nutzbar macht¹.

Niederschlagsverhältnisse.

Zur Beurteilung der schnelleren oder langsameren Verlandung der Seen, sowie zur Unterstützung der Annahme einstiger Ver-

¹ Im Anschlusse an diese täglichen Messungen seien noch einige methodische Bemerkungen eingeschaltet. Wenn man Beobachtungen in geringen räumlichen und zeitlichen Intervallen anstellt, handelt es sich bei den einzelnen Messungen oft um Differenzen von Zehntelgraden. Nicht selten kommt es dann vor, daß die erhaltene Zahl anders ausfällt, als wir a priori erwartet hätten. Ein Beispiel möge dies beweisen. Ich hatte an einer Stelle 8° gefunden, obgleich ich nach den früheren Erfahrungen dort noch über 9° erhalten mußte. Ich wiederholte die Messung am Ende der Reihe, also nachdem das Thermometer auf unter 5° abgekühlt war und fand 9,2° — wobei bemerkt werden muß, daß der Kahn ein wenig von seiner Stelle abgetrieben war. Eine solche Beobachtung veranlaßte, nach den Fehlerquellen bei solchen Messungen zu suchen, von denen ich folgende anführen möchte:

1. Durch anderes Setzen im Boote wird eine Neigung desselben erzeugt und das Thermometer in eine andre Tiefenlage gebracht. Innerhalb der Sprungschicht genügt dies, um einen Fehler von mehreren Zehntelgraden zu erzeugen.

2. Wellenschlag wirkt unter Umständen auf ähnliche Weise.

3. Es ist nicht immer möglich, unter demselben Winkel zum Glasrohr abzulesen, namentlich bei nächtlicher Laternenbeleuchtung. So erscheint der Quecksilberfaden an einer anderen Stelle, oder der Schatten desselben verleitet zu Irrtümern.

4. Nach Ule bildet die Sprungschicht — namentlich an warmen Tagen — eine konvexe, nach Langenbeck eine unregelmäßig wellige Fläche. Treibt also das Boot von seiner Stelle, was meist unvermeidlich ist, so kommen wir in andre Temperaturregionen.

5. Unterseeische kalte Quellen erzeugen Strömungen, in die man zufällig geraten kann. Dieser Ursache war jedenfalls der obenerwähnte bedeutende Fehler zuzuschreiben.

Ich habe jede verdächtige Zahl durch eine Nachmessung geprüft und so die Fehler auf ein Minimum zu beschränken gesucht.

gletscherung des Gebietes, ist eine nähere Betrachtung der Niederschlagsverhältnisse im Böhmerwalde von Wichtigkeit. Seit Bayberger (S. 25) auf Grund des wenigen vorhandenen Materials seine diesbezüglichen Notizen gab, ist uns durch Studnička ein zuverlässiges Bild der Niederschlagsverteilung in ganz Böhmen entrollt worden; und auch in Bayern hat man begonnen, das Grenzgebirge in das Netz der regelmäßigen ombrometrischen Beobachtungen aufzunehmen. Leider sind die von den neuen Stationen gewonnenen Resultate noch lückenhaft. Dennoch können wir den Versuch wagen, auf Grund derselben Studničkas Darstellung zu einem einheitlichen, nicht durch die politische Grenze zerrissenen Bilde abzurunden. Es folgt zunächst eine tabellarische Übersicht der in Betracht kommenden Durchschnittswerte¹ (vgl. die Niederschlagskarte auf Taf. III):

Niederschlagsverhältnisse im Böhmerwalde.

	Station	Meeres- höhe	Beob.- Jahre	Jährliche Nieder- schlags- Menge	Zahl der Nieder- schlags- Tage	Quelle
1.	Taus	428	14	599	148	S
2.	Herrnstein	620	4	759	113	S
3.	Klattau	412	11	600	143	S
4.	Philippsberg	580	4	661	84	S
5.	Bistritz a. d. A.	430	4	769	140	S
6.	Fuchsberg	580	4	764	105	S
7.*	Osserhütte	780	4	1 195	174	S
8.*	Böhm. Eisenstein	800	11	1 203	168	S
9.*	Hurkenthal	1 010	2	1 266	182	S
10.	Langendorf	520	4	724	112	S
11.	Bergreichenstein	739	11	760	158	S
12.*	Stubenbach	860	5	1 440	180	S
13.	Winterberg	716	11	668	150	S
14.	Goldbrunn	1 100	6	937	132	S
15.	Schätzenwald	920	4	1 077	146	S
16.	Maader	985	8	1 293	157	S
17.	Kaltenbach	928	8	965	162	S
18.	Aufsergefeld	1 058	8	1 180	181	S
19.	Pürstling	1 167	4	1 454	157	S
20.	Fürstenhut	1 105	4	1 181	142	S
21.	Buchwald	1 162	8	1 270	166	S
22.	Schatawa	790	4	730	144	S
23.	Neuthal	855	4	958	157	S
24.*	Hirschbergen	935	4	798	157	S
25.	Schwarzbach	725	11	632	144	S
26.	St. Thomas	990	9	1 015	128	S
28.	Oberried a. Arber	540	3	1 033	182 (149)**	M

¹ Nach Studnička, Grundzüge einer Hyëtographie des Königreichs Böhmen. Archiv d. naturw. Landesdurchforsch. v. B. 1887, VI, Nr. 3. („S“).

Deutsches meteorolog. Jahrb. v. Bayern. Jahrgang 1893—1895. („M“).

Station		Meeres- höhe	Beob.- Jahre	Jährliche Nieder- schlags- Menge	Zahl der Nieder- schlags- Tage	Quelle
29.	Neuhäusln	690	4	834	117	S
30.	Hohenfurth	555	4	768	156	S
31.	Andreasberg	930	4	800	110	S
32.*	Arbersee	934	2	1 910	200 (178)**	M
33.	Buchenau	700	2	1 326	195 (148)	M
34.*	Bayr.-Eisenstein	722	3	1 310	164 (136)	M
35.	Lohberg	650	3	1 156	156 (131)	M
36.	Rabenstein	676	3	1 200	178 (142)	M
37.*	Schachtenbach	840	1	1 607	174 (149)	M
38.	Viechtach	436	2	865	? ?	M
39.	Cham	386	4	913	178 (119)	M
40.	Passau	309	3	902	175 (132)	M
41.	Regensburg	358	3	561	158 (99)	M

* Stationen in der Nähe der Seen.

** Die Zahl in Parenthese bezeichnet Niederschläge über 1,0 mm.

Von zwei Orten, einem höheren und einem niederen, seien ferner die Monatsmittel gegeben:

Monat	Aufsergefeld		Taus	
	Durchschn.- Niederschl.- menge	Summe der drei voran- geh. Monate	Durchschn.- Niederschl.- menge	Summe der drei voran- geh. Monate
	mm	mm	mm	mm
Dezember	130		68	
Januar	60		18,22	
Februar	49	239	23,32	109
März	93	202	33,40	74
April	64		38,47	
Mai	69	256	61,63	132
Juni	147	310	101,93	200
Juli	135		91,77	
August	129	411	68,63	261
September	73	337	56,49	215
Oktober	111		54,45	
November	91	275	41,44	151
Dezember	130	332	68,56	163
Jahressumme	1 181		652,62	

Auf bayrischer Seite werden neuerdings besondere Schneemessungen veranstaltet, die uns ebenfalls einige wichtige Zahlen liefern:

Station	Zahl der jährl. Schneetage	Maximum der Schneehöhe cm	Erster Schneefall
Arbersee	151	103	23. X.
Buchenau	144	100	27. X.
Cham	73	18	26. XI.
Lohberg	90	58	23. X.
Oberried	129	79	22. X.
Passau	87	49	8. XI.
Rabenstein	130	96	23. X.
Regensburg	59	44	12. XI.
Schachtenbach	163	153	19. X.
Viechtach	84	36	17. X.
Waldhäuser	163	195	19. X.

Was lehrt uns nun dieses Zahlenmaterial?

1. Die Isohyäten wiederholen in schematischen Zügen das Bild der Isohypsen; das Gebirge ragt als eine Insel reicheren Niederschlags aus der Umgebung hervor. Die meisten Niederschläge fallen im Gebiete der höchsten Erhebung, im Umkreise des Arbers. Der Hauptkamm hat fast überall zwischen 12—1500 mm; die Senke von Cham-Taus dagegen macht sich als ein Gebiet geringerer Niederschläge bemerkbar.

Studnička (S. 75) berechnet, daß in Böhmen einer Höhenzunahme von 100 m eine Niederschlagszunahme von 69 mm entspricht. Wenn er aber weiterhin zu dem Ergebnis kommt, daß diese Zunahme nach der Höhe eine allmähliche Verzögerung erleide, so beruht dies — nach Lehrs¹ scharfer Widerlegung — auf einem groben methodischen Fehler. Lehr kommt auf Grund desselben Materials zu dem entgegengesetzten Schluß, daß die Zunahme der Niederschläge von Höhenschicht zu Höhenschicht eine steigende sei, eine Erscheinung, die für das Böhmerwald-Gebirge von hervorragender Bedeutung ist.

2. Der böhmische Teil des Gebirges ist etwas weniger feucht, als der bayrische, weil er im Regenschatten liegt.

3. Nicht nur die Höhe macht den Böhmerwald niederschlagsreich, sondern auch der Wald, der kondensierend wirkt, und es ist gewiß berechtigt, wenn Studnička die Abnahme der Niederschläge seit dem ersten Drittel unseres Jahrhunderts zum Teil mit auf die stattgehabte Entwaldung und Entsumpfung der Gegend zurückführt. Einen vollgültigen Beweis für den schon oft behaupteten Einfluß des Waldes

¹ Lehr, Die Niederschlagsverh. in Böhmen, in Assmann, Das Wetter, 1888, Okt. H. 10, S. 213.

auf die Regenverhältnisse finden wir allerdings auch bei Studnička nicht. Denn einesteils enthält seine zu diesem Zwecke entworfene Zusammenstellung nur Waldstationen aus dem nördlichen und nordöstlichen Böhmen und schließt das südwestliche Grenzgebirge aus; andernteils ist eine Gebirgsgegend mit ihren großen Niveauverschiedenheiten für einen derartigen Beweis überhaupt ungünstig; denn es kombinieren sich dort die beiden ähnlich wirkenden Faktoren Höhe und Bewaldung, ohne daß man in der Lage wäre, ihre Anteile scharf auseinanderzuhalten (cf. Lehr, S. 218).

4. Alle Seen haben über 1000 mm Regen, mit Ausnahme des Plöckensteinsees. Der große Arbersee hat die meisten Niederschläge — ein Grund mehr, seine Verlandung zu beschleunigen.

5. Das Niederschlagsmaximum fällt in den Sommer (Juni—Juli). Ein zweites Maximum liegt im Dezember; bei einigen Höhenstationen (cf. Aufsergefeld) prägt sich noch ein drittes im Oktober aus.

6. Vergleicht man den Unterschied zwischen gleichgelegenen Stationen in der Höhe und am Fusse des Gebirges, so nehmen die Winterniederschläge im Verhältnis zu den Niederschlägen im Sommer nach oben immer mehr zu. Es folgt daraus für das Seengebiet, daß wir hier großen Schneereichtum zu erwarten haben; die Schneetabelle der bayerischen Stationen bestätigt uns dies.

Gebirge mit so großer Feuchtigkeit, vor allen Dingen mit so großem Schneereichtum bedürfen nur einer geringen Abkühlung des Klimas, um Firn zu bilden. Wir dürfen also aus den heutigen klimatischen Verhältnissen den Schluß ziehen, daß der Böhmerwald in der Glacialzeit mindestens geeignet war zur Verfirnung seiner oberen Teile.

Wir haben in vorstehenden kurzen Sätzen auf Grund des neuen Beobachtungsmaterials alles das bestätigen und präzisieren können, was bereits Partsch und Bayberger nach Hanns¹ älteren Untersuchungen darzustellen suchten.

Optische Erscheinungen.

Die Färbung des Seewassers zeigte uns dieselbe Eigentümlichkeit, die wir an allen Böhmerwaldgewässern konstatieren können, einen bräunlichen Ton, vermischt mit einer grünen Nüance, wie er sich darstellt in der Uleschen Skala unter Nr. 12—16. Die Erklärung

¹ Hann, Die Untersuchungen der Regenverh. in Österr.-Ungarn. Sitz.-Ber. d. K. K. Ak. d. W., 1879, Bd. 80. Die jährl. Perioden des Regenfalls in Österr.-Ungarn. Zeitschr. d. österr. Ges. f. Met. XV, S. 253. (Nach Ratzel, Die Schneedecke —.)

dafür haben wir in dem hohen Gehalt des Wassers an humussauren Alkalien gefunden. Diese chemische Beschaffenheit ist auch die Ursache der außerordentlich geringen Durchsichtigkeit; schon bei 2—4 m Tiefe sind wir an der Sichtbarkeitsgrenze angelangt. (Nach Geistbeck zeigen warme Seen ein Mittel von 2,3 m, kalte ein solches von 13,3 m.) Regionale und temporäre Verschiedenheiten der Farbe und Sichtbarkeitsgrenze wurden nicht beobachtet¹.

Biologie.

Das alte Vorurteil, daß die Seen organisches Leben nicht zu unterhalten vermöchten, hat sich nicht bestätigt. Überall finden wir ein zwar nicht formen-, wohl aber individuenreiches niederes Tierleben; und selbst die anspruchsvolleren Zuchtfische haben sich in den meisten Fällen reichlich vermehrt.

¹ Vergl. hierzu die allgem. Bemerkungen auf S. 18.

IV. DIE ENTSTEHUNG DER BÖHMERWALD- SEEN; ZUGLEICH EINE HISTORISCH- KRITISCHE ÜBERSICHT DER KARTHEORIEEN.

Wenn man in weiter geographischer Verbreitung und zwar in fast derselben Höhenregion Nischen vom Typus der Böhmerwaldseekessel eingesenkt findet, so liegt der Schluß nahe, denselben eine einheitliche Genesis zuzuschreiben. Mancherlei geologisch wirksame Kräfte sind für die Erklärung der Karbildung in Anspruch genommen worden, und es sei unsere Aufgabe, über die Entstehung der Böhmerwaldseen zunächst an der Hand der aufgestellten Theorien zu einem eigenen Urteile zu gelangen.

Die Meinung eines Rozet¹ und Durocher², daß wir in den Karen alte Kraterbildungen vor uns haben, bedarf keiner Widerlegung; denn es sind noch nirgends die geringsten Spuren einer vulkanischen Thätigkeit in solchen Kargebieten angetroffen worden. Immerhin soll erwähnt werden, daß diese Ansicht unter den denkenden Laien im Böhmerwalde noch vielfach verbreitet ist.

Alle übrigen Erklärungsversuche fallen unter 5 Kategorieen, welche sich gründen auf:

1. tektonische Vorgänge,
2. petrographische Verschiedenheit der Gesteine,
3. mechanische Thätigkeit des Wassers,
4. Gletscherwirkung,
5. hydrochemische und mechanische Verwitterung.

¹ Rozet, Notice géol. sur la région granitique de la chaîne des Vosges. Bull. de la soc. géol. 1832/33, S. 131.

² Nach Penck, Eiszeit in den Pyrenäen. 1884.

1. Die Ursache der Karbildung ist in tektonischen Einflüssen zu suchen.

Die ersten wissenschaftlichen Beobachter des Böhmerwaldes erklärten sich die Bildung der Seenischen durch Verwerfungen. So sagt Hochstetter¹ vom Plöckensteinsee: „Eine tief in die Gebirgsmasse eindringende Zerklüftungsspalte und die dadurch ebensotief eindringende Verwitterung war wohl die Ursache eines massenhaften Felsensturzes, dessen Trümmer weit hinab als Felsblöcke das Gehänge bedecken, oben aber zu einem natürlichen Damm sich auftürmten, hinter dem die Wasser sich sammeln konnten und den See bildeten, der so geheimnisvoll daliegt, tief in der Stille des Waldes, hoch oben an einem der höchsten Gipfel des Gebirgs zwischen Granitfelswänden und Granitfelstrümmern“. Ob er dieselbe Entstehungsweise auch auf den Stubenbacher See angewendet wissen will, läßt sich nicht klar erkennen.

v. Gümbel, der in seinem früheren Werke² die Böhmerwaldseen als Reste größerer Wasseransammlungen anführt, spricht sich neuerdings ausführlicher im Hochstetterschen Sinne aus³: „Ostwärts brechen die Gneißsschichten sogleich vom Felsriegel des großen Arber an in schroffen, oft fast senkrechten Wänden 500 m tief bis zu der von Felstrümmern überschütteten Verebnung ab, in welcher zwischen der Felswand und einem Haufwerk von Gesteinsblöcken der düstere große Arbersee eingetieft ist.“ An einer andern Stelle sagt er: „Eigenartige Wasseransammlungen beherbergt der hintere Wald in seinen kleinen echten Gebirgsseen, wo in engen, tiefen Kesseln die kleineren Quellwässer der höchsten Gebirgsteile durch dammartig aufgehäuften Fels- und Steinschutt aufgestaut worden sind. Man hat sie irrtümlich als Ausfurchungen einer früheren Vergletscherung des Gebirgs erklärt, die sich sonst aber durch kein anderes Anzeichen direkt nachweisen läßt“.

Einer ähnlichen Ansicht begegnen wir auch — mit Anwendung auf die Schwarzwaldseen — bei Arnsperger⁴. Dieser Autor nimmt eigentlich als bereits gegeben die Lehnstuhlform des Gehänges an, aus dem dann durch Bergschlipfe massenhaftes Material ausgebrochen, durch die Flanken des Cirkus zusammengehalten und so zu einem Damm aufgestaut sei. „Durch die langjährige Ansammlung des durch

¹ Jahrb. d. K. K. geol. Reichsanst. 1855, VI, S. 14.

² Geognost. Beschreib. des ostbayr. Grenzgeb. 1868, S. 552.

³ Geologie v. Bayern. 1894, Bd. II, S. 452 u. S. 415.

⁴ G. Leonhards Beiträge z. min. u. geogn. Kenntn. des Großh. Baden 1853, II, 43—48 (nach Sauer).

die Mulden herabrieselnden Wassers war der dadurch aufgeweichte Boden am Fusse des Lehnstuhls sehr locker und tiefgründig, die Verwitterung tiefer als anderswo vorgeschritten; daher konnte hier die aufwühlende Kraft der über die steile Fläche des Hanges sich fortwälzenden Bergrutsche sehr heftig wirken und ein tiefes Becken ausstoßen, welches sich mit Wasser füllte und den See bildete“. Sauer¹ wendet hiergegen bei seiner Beschreibung der Schwarzwaldkare ein, daß 1. so reichlich vorhandenes Quellwasser zwar im Gebiete des Buntsandsteins sei, dagegen in anderen, Cirkusbildungen zeigenden Formationen fehle, und 2. daß Bergschlipfe in seinem specieller untersuchten Gebiete zu selten seien.

Auch in den Vogesen erhielt die Bergsturztheorie warme Vorkämpfer in Gerland und dessen Schülern. Gerland² wendet sich energisch gegen eine glaciale Entstehung der Seen, für welche der Zwischenraum zwischen Kamm und Seen zu gering sei und erklärt ebenfalls Cirkus und Becken durch Verwerfungen und Abstürze, den Damm durch einfache Verwitterung. Hergesell, Langenbeck, Rudolph³ gründen diese Ansicht zum erstenmal auf thatsächliche Feststellung der Hohlformen und erkennen, daß der Beckengrund wahrscheinlich überall aus anstehendem Fels besteht. Cirken finden sich nach ihnen dort, wo Steilabstürze und Terrassenbildungen sich zeigen (S. 167). „Die großen Bruchspaltensysteme, die das Rheinthal schufen, waren auch die Ursache der Cirken“. Die Schuttriegel werden als Verwitterungsmassen erklärt. Damit im Widerspruche steht eine Arbeit von L. van Werveke⁴, der eine große Menge von Gletscherspuren an den Seen beschreibt. Schuhmacher⁵ stellt sich ebenfalls vor, daß die schon fertigen Thäler an ihren cirkusartigen Enden in späterer Zeit eine Absenkung erlitten haben, die naturgemäfs die obersten Abschnitte der Rinnen in geschlossene Becken verwandeln mußte.

Eine starke Betonung des tektonischen Einflusses finden wir auch in der Theorie von Rothpletz⁶. Rothpletz erklärt zugleich die Abhängigkeit aller Thalbildungen, so auch der Kare des Karwendelgebirgs, von den Gebirgsbewegungen. Er unterscheidet

¹ Cirkusseen im mittl. Schwarzw. Globus 1894, Bd. 65, Nr. 13, S. 201—206.

² Gletscherspuren in d. Vogesen. Verh. des 4. Geogr.-Tages 1884, S. 92.

³ Die Seen der Südvogesen. Geogr. Abh. aus d. Reichsl. 1892, I, S. 121—184.

⁴ Neue Beobacht. an d. Seen d. Hochvogesen. Mitt. d. geol. Landesanst. v. Els.-Lothr. 1892, III, H. 2.

⁵ Cit. nach Hergesell —, S. 167.

⁶ Geologie des Karwendelgebirges. Zeitschr. d. deutsch. u. östr. Alpenv. 1888.

1. Felsenkare, die oberen, jetzt toten Thalenden, die nur nach starken Regengüssen Wasser führen, die flache Böden, steile Seiten bilden, geschrammte Felsoberflächen, Rundhöcker und Moränen zeigen; 2. Altkare, ausgewaschen durch fließendes Wasser, die Gehänge mit Vegetation, in denen die ehemalige Form durch Verwitterung und Erosion zerstört ist; 3. Sammelkare: an der Vereinigungsstelle von Thälern. Er sagt über die Entstehung: „Der Beginn der Thalbildung reicht jedenfalls in die erste Zeit der alpinen Hebung zurück, und wir haben darum auch keinen Grund zu der Annahme, daß die Kare ausschließlich Erosionsergebnisse der Gletscher seien. Gletscherausfüllung war nur ein vorübergehender Zustand, der seine Spuren in einigen Fällen bis heute zurückgelassen hat, während dieselben in anderen Fällen stark verwischt worden sind. — Wie die Thalsenken im allgemeinen, so sind auch die Kare durch Gebirgsbewegungen selbst angelegt und hervorgerufen worden (S. 70). — Wo weiche Schichten in die Kalkmassen eingeklemmt worden sind, haben diese die Form des Kars bestimmt. Auch durch Schichtenaufrichtung und -umbiegung konnten weichere Lagen zur Karbildung Veranlassung haben. Die Karbildung dauerte während der Gebirgsbildung fort; letztere hatte auch weiter noch auf die Ausbildung Einfluß, wenn die Erosion nicht schnell genug arbeitete“.

Man hat dieser tektonischen Erklärungsweise entgegengehalten, daß sich in verschiedenartigem Gestein auf solche Weise nicht solche gleiche landschaftlich-orographische Formen, wie sie die Kare darstellen, entwickeln könnten und daß bei dieser Erklärung die korrespondierende Höhenlage der Kare nicht berücksichtigt würde. Wenn wir nun auch Einsturz nicht als die einzige und Hauptursache der Bildungen anerkennen, so veranlassen uns doch die Beobachtungen an 6 von 8 Seen des Böhmerwaldes, Dislokationen als ein wichtiges Agens bei der ersten Anlage gewisser Kare unseres Gebietes in Anspruch zu nehmen — obwohl gerade diejenigen Karseen, an denen direkt keine Verwerfungsspuren zu beobachten sind, die regelmässigste centrische Beckenform aufweisen.

2. Die Bildung der Kare ist durch die petrographische Beschaffenheit bedingt.

Bei Erörterung der Rothpletzschen Theorie haben wir bereits die Frage gestreift, ob die verschiedene Widerstandsfähigkeit der Gesteine eine Bedeutung für die Karbildung besitze. In der Karliteratur gelangen hierüber mehrfache, zum Teil einander widersprechende Angaben zum Ausdrucke.

Forchhammer¹ erwähnt, daß auf den Far Öer die weichen Palagonittuffe durch Regenwasser zu karähnlichen Nischen ausgespült seien. Im Schwarzwalde sind nach Bayberger² die meisten, tiefsten und größten Seen im Glimmerschiefer und Buntsandstein, die seichtesten und kleinsten im Gneiß, ein einziger im Granit, keiner im Hornblendegebiete eingesenkt. Frech³ giebt vom Stuckensee an, daß hinter einem Riegel von Quarzit im Thonschiefer ein weites Kar entstanden sei. „Der Boden der Kare besteht meist aus dem weicheren Gestein, während die Wände aus Kalk zusammengesetzt sind“. In Skandinavien liegen viele Seen im archaischen Gestein, keiner im Silurkalk. In den Pyrenäen herrscht nach Penck — im Gegensatz zu den Alpen — ein auffallender Mangel in den Kalkgesteinen; die seenreichsten Gebiete haben einen Untergrund von Granit und krystallinen Schiefern⁴. Minnesotas Seenreichtum knüpft sich ebenfalls an die archaischen Gesteine⁴. Dagegen sagt Partsch⁵: „Botner sind nicht von der petrographischen Beschaffenheit des Gesteins abhängig“.

Dieser letzteren Ansicht möchten auch wir beistimmen, im Gegensatz zu Richter⁶, der das Gebundensein der Kare an das archaische Gestein sogar mit in die Definition aufnimmt.

3. Die Kare sind durch das Wasser ausgewaschen.

Ältere Autoren pflegten auch für die Kare als formgebendes Element das Wasser anzusprechen. So läßt Forchhammer⁷, wie bereits erwähnt, die Botner der Far Öer durch Regenwasser entstehen. Und auch Bonney⁸ bezeichnet die Kare als das Resultat der intensiven Thätigkeit der Wildbäche (*bassin de réception*), obgleich er (nach Geistbeck)⁹ auch die Aushöhlung kleiner Seen im Hochgebirge durch Eis zugestanden hat. Die Einwürfe gegen diese Theorie hat neuerdings Richter¹⁰ in folgender Weise zusammengefaßt:

¹ Om Faroernes geognostike Beskaffenhed, 1824. Nach Helland cit.

² a. a. O. S. 44.

³ Die Gebirgsformen im südl. Kärnten u. ihre Entstehung. Berlin 1892. Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. XXVII.

⁴ Die Eiszeit in den Pyrenäen. Mitt. d. V. f. E. Leipzig. 1883, S. 216.

⁵ Die Gletscher der Vorzeit. 1882.

⁶ Kare und Hochseen. Verh. d. Ges. d. Naturf. u. Ärzte. 66. Vers. z. Wien. 1894, S. 255.

⁷ a. a. O.

⁸ On the Formation of Cirques. Quart. Journ. 1873, S. 387.

⁹ Die Seen d. deutschen Alpen.

¹⁰ a. a. O.

1. Wasser wirkt linear, schafft eine Ausgangsschlucht, keinen ebenen Boden.
2. Wasser zerlegt die Hinterwand durch einzelne Rinnen.
3. Es fehlt in der Region der Firnlinie das nötige Wasser, wenigstens in konzentrierten Mengen.
4. Bei Wasserwirkung ist keine feste Schwelle möglich.
5. Wasser schafft Schuttkare.

Aus ähnlichen Gründen möchten auch wir davon absehen, die Erosionsthätigkeit von Gebirgsbächen als einen wesentlichen Faktor bei der Herausformung der Kare anzuerkennen.

4. Die Kare sind Erzeugnisse der Gletscher.

Die sich nach allen diesen Erwägungen der Karbildung durch tektonische, petrographische und erodierende Wasserkräfte entgegensetzenden Schwierigkeiten suchten andere durch Inanspruchnahme glacialer Wirksamkeit zu lösen. Nachdem Leblanc¹, Ramsay², Gastaldi³, de Seue⁴, Mojsisovics⁵, Viollet le Duc⁶ eifrig für die erodierende Thätigkeit des Eises eingetreten waren, lag eine Übertragung dieser Theorie auf das Karproblem nahe und ist von einigen der genannten Autoren in der That bereits ausgesprochen worden. Namentlich zwei Anschauungen wurden hierbei zu Gunsten der Theorie ins Feld geführt:

1. Nur durch Inanspruchnahme glacialer Wirkung läßt sich das Vorkommen der Kare innerhalb einer bestimmten Höhenregion, nämlich in der Nähe der Firngrenze, erklären.

2. Nur das Eis kann so flach gerundeten Boden erzeugen, wie ihn die Kare aufweisen. So führt Geistbeck (S. 242) mit de Seue die ausgezeichnet gerundete Form der Cirken auf Eisschliff zurück. Auch Helland⁵ läßt die Seen durch Eis erodiert sein. „Der Gletscher schafft das Material fort, nützt den Grund ab und arbeitet im Verein mit der Verwitterung an der Weiterbildung des Cirkus“.

¹ Nach Geistbeck.

² On the Glacial Origin of Certain Lakes. Quart. Journ. 1862, S. 185. The old glaciers of North Wales. Ball, Peaks, Passes and Glaciers. 1859, S. 400. Physikal Geology and Geogr. of Great Britain. 1878, S. 434 (nach Geistbeck).

³ On the Effects of Glacier-Erosion in Alpine Valleys. Qu. Journ. 1873, S. 196.

⁴ Le névé de Justedal. 1870, S. 48.

⁵ Vgl. Pencks Referat im „Ausland“ 1882, S. 192, ferner: Om Botner og Saekkedale —. Über die Vergletscherung der Far Öer. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1879, S. 732. (Botner sind dort nicht an bestimmte Höhe gebunden!) On the fjords, lakes and cirques in Norway and Greenland. Qu. Journ. 1877. Die glac. Bild. der Fjorde u. Alpenseen Norwegens. Poggend. Ann. B. 146, S. 549.

Fr. v. Richthofen¹ sucht diesen Aushöhlungsprozeß näher zu präzisieren. Er nimmt an, daß das an den Wänden herabgleitende Eis eine senkrechte Bewegungskomponente habe, die sich als Druck auf die Unterlage äußert. Gegen den Thalausgang zu macht sich die horizontale Zugkraft bemerklich. Wo nun von verschiedenen Seiten die stärksten Druckrichtungen konvergieren — genauer etwas vor diesem Punkte — ist die Stelle des größten Druckes, der stärksten Aushöhlung. Vielleicht stellt sich dort zugleich eine rotierende Bewegung des Eises ein, durch welche die Evorsion der kreisrunden Form und die größere Tiefe erklärt werden könnte.

Partsch² sagt ebenfalls: „So wird es wahrscheinlich, daß auch die von großen Blockwällen umhegten Seen ihre sicher nicht unbedeutende Tiefe der glacialen Aushöhlung ihrer Bassins im festen Felsgrunde verdanken“. Weiteren Vertretern der Glacialerosionstheorie begegnen wir in Brückner³ und mehreren Geologen des Schwarzwaldes. So erklärt Sauer⁴ die Seebecken des mittleren Schwarzwaldes als Aushobelungsprodukte des Eises, die Schuttriegel als die letzten Endmoränen der sich zurückziehenden Gletscher. Regelman⁵ sagt: „Alle Cirken sind von kleinen Gehängegletschern ausgehobelt“. Steinmann⁶ kommt zu demselben Schlusse: „Die breitausgehobelten und vielfach beckenartig vertieften Strecken lassen sich nach meinem Dafürhalten nur unter der Voraussetzung erklären, daß sie durch Aushobelung mittels der Eismassen entstanden seien, welche einst vom Gebirge niedergingen. Auch für die Cirkusthäler bleibt keine andere Erklärung übrig, ehe nicht der strikte Beweis erbracht worden ist, daß sie durch Dislokationen entstanden“. „Wie so viele im Bereich der zweiten Vereisung liegende Seen scheint auch der Titisee ein teils in Felsen, teils in Schotter ausgehobeltes Becken zu sein“.

Derartige Erklärungsversuche müssen sich stets auf die Thatsache stützen, daß das Becken wirklich eine Schale im festen Fels darstelle und daß der Wall aus anstehendem Gestein bestehe, abgesehen von einer etwaigen „Maskierung“ durch Moränenschutt. Dies wird von

¹ Führer f. Forschungsreisende, S. 255—259.

² Gletscher der Vorzeit. 1882, S. 108.

³ Die Vergletscherung des Salzachgebietes. Geogr. Abh. v. Penck. 1886, Bd. 1, H. 1, S. 120.

⁴ Cirkussees im mittl. Schwarzw. Globus 1894, Bd. LXV, S. 201—206.

⁵ Über Vergletscherungen u. Bergformen im nördl. Schwarzw. Württ. Jahrb. f. Statist. u. Landesk. 1895, H. 1, S. 11. Vgl. auch R., Der Elbbachsee am Kniebis ein Gletschercirkus. „Aus d. Schwarzw.“ Blätter d. Württ. Schwarzw.-V. 1895, S. 59.

⁶ Über Pleistocän u. Pliocän in d. Umg. v. Freiburg. 1890, S. 90 und 129.

vielen ohne weiteres als feststehend angenommen, von anderen ohne specielle Beweisführung vorausgesetzt. Bayberger hat diese Frage bereits eingehend genug diskutiert, und wir schliessen uns ihm vollständig darin an, daß im Böhmerwalde absolut kein positiver Beweis für die Felsnatur des Bodens der dortigen Seen und für eine wannenförmige Aushöhlung im anstehenden Gestein existiert. Damit ist aber das wichtigste Beweismittel für glaciale Aushobelung der Seebecken dieser Gegend hinfällig.

Auch anderweite Stimmen erhoben sich, um gegen eine zu ausgiebige Zuhilfenahme der Eiskraft Verwahrung einzulegen. Den skeptischen Standpunkt von Rothpletz haben wir bereits erwähnt. Forel¹, der den Begriff der Erosion — Eingraben bei gleicher Neigung — und Excavation — Aushöhlen mit höherer Ausgangsschwelle — trennt, sagt: „Pour mon compte, en me basant sur ce que je connais de l'action des glaciers actuels sur le sol de leur vallée, je ne puis aucunement accepter l'idée de l'excavation du bassin des lacs par les glaciers“. Namentlich aber macht Richter² auf Grund seiner skandinavischen Erfahrungen folgende Einwendungen gegen die glaciale Genesis der Cirken:

1. Die kleinen Firnlappen sind zu schwach für solche Wirkungen.
2. Unter dem Firn ist die Zerstörung weit schwächer, als über ihm.
3. Es sind keine Schliffe an den Wänden, während sonst in Skandinavien Schliffe zum Landschaftstypus gehören. (Vergl. dagegen die Teufelsseewand!)
4. Warum hobelt das Eis an einer Stelle so stark, während die Wirkung unmittelbar daneben gleich Null ist?
5. Die senkrechten Wände lassen sich nicht durch Aushobeln erklären.
6. In Skandinavien war das ganze Land vereist, und doch sind die Kare nur über der Vegetationsgrenze.

Derartige Einwürfe geben genügende Veranlassung, die aushobelnde Wirkung des Eises in geringerem Mafse in Anspruch zu nehmen und ihr wenigstens nur einen sekundären Einfluß zuzuschreiben. Es liegt der Gedanke nahe, die Hohlform in den Grundzügen bereits als präformiert anzunehmen. Dies giebt selbst ein so hervorragender Glacialtheoretiker wie Penck³ zu. Zwar sagt er in einer früheren Arbeit: „Es gilt von den Pyrenäencirken ganz dasselbe,

¹ Le Léman 1892, T. I, S. 188.

² Geomorphol. Beob. aus Norwegen. Sitzungsber. der K. K. Akad. d. Wiss. Wien. Math.-nat. Kl. 1896, Bd. CV, Abt. 1.

³ Eiszeit in d. Pyrenäen, S. 216.

was von den Cirken Skandaviens und Grossbritanniens erkannt wurde: sie sind alte Gletscherbetten, und zwar stellen sie die charakteristisch erweiterten Wurzelpunkte von Eisströmen dar. — Es knüpfen sich nicht die Gletscherwurzeln an die Cirken, sondern diese an jene; solche Beschränkung der Cirken auf das eiszeitliche Firngebiet läßt nur die Meinung aufkommen, daß sie ein Werk der Gletscher selbst sind¹. Aber für gewisse Seen giebt er eine Prädisposition zu, so für die alpinen Gletscherbecken, die sich an Übergangsstellen von Längsthälern finden („Reexcavationsbecken“), oder wo Störungslinien eine Lockerung des Gesteins hervorgerufen haben². In seiner „Morphologie“³ legt er der Präformierung in Sammeltrichtern der Wildbäche und der Vertiefung durch subglaciale Verwitterung einen noch größeren Wert bei. Seine zutsimmende Beurteilung des Vortrags von Prof. Richter⁴ läßt eine weitere Konzession in dieser Beziehung erkennen.

Auch Löwl⁵ sagt: „Die Kesselthäler bildeten die Firmulden der alten Eisströme und konnten daher unmöglich der Schauplatz kräftiger Erosion sein. Man entgeht dieser Schwierigkeit nur durch die Voraussetzung, daß die Gletscher bereits fertige Trichterthäler vorfanden, deren Kare sie durch Ausebnung des Grundes und durch die Erosion von Seebecken zu wahren Cirken ausbildeten. Damit aber schrumpft das Problem der Botnerbildung zu der Frage nach der Entstehung der glacialen Kesselseen zusammen“. Der von Löwl untersuchte Lüner See stellte sich in seiner vorderen Hälfte als Einsturzbecken heraus⁶.

Böhm⁷ nennt das Kar eine reine Erosionsform; „bereits vorhandene Rinnen, Furchen, Tobel, Trichter etc. wurden durch das Eis zu Karen, Cirken, Botner erweitert und ausgeschliffen“. Frech⁸ sagt vom Wolayer See in Kärnten: „Jedenfalls bestand schon vor

¹ Die Eiszeit in d. Pyrenäen, S. 216.

² Geogr. Wirk. der Eiszeit. Verh. des 4. dtsh. Geogr.-Tags z. München. 1884, S. 79.

³ Morphologie der Erdoberfl. II, S. 305.

⁴ Sitzungsber. der K. K. Akad. d. Wiss. Wien. Math.-nat. Kl. 1896, Bd. CV, Abt. 1.

⁵ Über Thalbildung. Prag 1884, S. 126.

⁶ Der Lüner See. Zeitschr. d. dtsh. u. öster. Alpenv. 1888, S. 25.

⁷ Die alten Gletscher d. Enns u. Steyr. Jahrb. d. geol. Reichsanst. Bd. 35, H. 3. Wien 1885. Die Hochseen der Ostalpen. Mitt. d. Wiener geogr. Ges. 1886, S. 625—647.

⁸ Die Gebirgsformen im südsw. Kärnten. Berlin 1892. Zeitschr. d. Ges. f. E. XXVII, S. 317.

der Eiszeit eine Vertiefung, und die Eismassen, welche infolge des Zusammenfließens von verschiedenen Seiten in eine rotierende Bewegung gerieten, hobelten dieselbe weiter aus“.

Auch Partsch¹ läßt die Schneegruben des Riesengebirges bereits früher existieren, als die Firnmassen. Der Firn habe den Schutt aus dem Innern ausgeräumt; seine Oberfläche wirkte als Fallbahn, über die die Blöcke aus der Felswand hinunterstürzten, um sich am Rande derselben zu einer Firnmoräne aufzuhäufen, Erscheinungen, wie sie sich noch heute am Hochvogel und Watzmann beobachten lassen. Nach dieser Ansicht hätten wir es also lediglich mit Abdämmungsseen zu thun, während dem Eise eine konservierende Wirkung zufiele.

Ähnlich spricht sich auch Platz² mit Beziehung auf den Titisee aus: „Die Geröllmassen unterhalb des Sees hätten zunächst den See ausfüllen müssen, wenn derselbe nicht durch Ausfüllung mit Eis, auf dessen Rücken und an dessen Seiten auch Schuttmassen über die Seefläche in die thalabwärts gelegene Strecke transportiert werden konnten, vor Verschüttung bewahrt worden wären“.

5. Mechanische und chemische Verwitterung als Ursache der Karbildung.

Da die große Tiefe mancher Seebecken allen Erklärungsversuchen die meisten Schwierigkeiten bereitete, forschte man aufs neue nach Kräften, die in vertikaler Richtung zerstörend wirkten. Ein solches Agens sucht Helland³ in dem wechselnden Frieren und Auftauen auf schneebedeckten Flächen. Er geht zurück auf Forchhammers bereits erwähnte Beobachtung, daß das Regenwasser die milden Schichten eines horizontalen Komplexes von Palagonittuff erweichte, wobei dann die hangenden Bänke nachstürzten. „Diese Arbeit wird aber unterstützt durch das gefrierende Wasser, indem der Schnee sich auf die horizontalen Bänke legt, wodurch das feste Gestein feucht und kalt erhalten wird. Wenn nun die Temperatur unter 0° sinkt, so gefriert das Wasser, und das Gestein wird zersprengt. Da diese Arbeit vor allem auf den schneebedeckten horizontalen Absätzen der Cirkuswände stattfindet, so ist das ideale Resultat dieser Arbeit eine senkrechte Wand des Cirkus“.

¹ Die Vergletsch. d. Riesengeb. z. Eiszeit. Forsch. z. d. Landesg. 1894, Bd. 8.

² Glaciale Bild. des Schwarzw. Mitt. d. geol. Bad. Landesanst. 1893, II, S. 851.

³ Über die Vergletsch. der Far Öer.

Ähnlich aber wie das abwechselnde Tauen und Wiedergefrieren mit seiner zertrümmernden Kraft durch Schwanken der Lufttemperatur um 0° hervorgerufen wird, so steht es nach den Experimenten von Blümke und Finsterwalder¹ auch im ursächlichen Zusammenhange mit den wechselnden Druckverhältnissen am Grunde eines Gletschers. Der Gletscher übt darnach außer seiner ausschleifenden Thätigkeit noch einen zersprengenden und dadurch die Verwitterung erleichternden Einfluß auf seinen Boden aus. Druckänderungen auf dem Grunde eines Eisstromes sind nun da am häufigsten, wo die Bewegung am gestörtesten ist, also namentlich am oberen Ende der Gletscherzunge, beim Übergange ins Firngebiet, „wo die von allen Seiten der Mulde radial zusammenströmenden Eismassen einer gemeinsamen Richtung im Thalweg sich anbequemen müssen“. Diese theoretischen Erörterungen sucht Frech² in die Praxis zu übersetzen, indem er obiges Citat fortsetzt: „Das ist aber die Stelle der Kare!“ Folglich sind die Kare ausgehöhlt durch „aus Druckänderungen entspringende Verwitterung des Gletschergrundes“.

Zu dieser mechanischen Verwitterung fügt neuerdings Fugger³ als bedeutsamen Faktor die chemische Verwitterung. Fugger erklärt die Bildung der Karseen auf dieselbe Weise, wie die Entstehung der Karsttrichter, die er mit Cvijič auf mechanische und chemische Erosion zurückführt. Ebenso wie Kalk lösen sich auch alle andern Gesteine im Wasser mehr oder weniger auf. Aus Fuggers Beweiszahlen entnehmen wir folgende:

Gewichtsverlust der Steine im stehenden Wasser in 10 000 Stunden:

Glimmerschiefer:	0,0401,
Granit:	0,0287,
Silurkalk:	0,1181,
Tithonkalk:	0,2373,
Gneiß im fließenden Wasser:	0,3100. (Für stehendes Wasser keine Zahl vorhanden.)

Sobald auf einer horizontalen Fläche unterirdische Abflußwege

¹ Zur Frage der Gletschererosion. Sitzungsber. der math.-phys. Kl. d. K. Bayr. Akad. d. Wiss. 1890. XX, 3, S. 435.

² Die Gebirgsformen im südwestl. Kärnten, S. 367.

³ Die Entstehung der Karseen. Vortr. in d. Wiener geogr. Ges. a. 24./3. 96, Ref. v. Siegert in d. Geogr. Zeitschr. 1896, H. 8, S. 462. Salzburger Seen. S.-A. d. Mitt. d. Ges. f. Salzbg. Landesk. Bd. XXX, XXXI, XXXIII, XXXV. Die Hochseen. Mitt. d. K. K. geogr. Ges. in Wien. 1896. Bd. 39, H. 8, S. 638—672.

gegeben sind, sei es in Spalten, sei es auf den Schichtflächen, so erfolgt dort eine Abführung von gelöstem Gesteinsmaterial, eine Beckeneintiefung. Fugger bezeichnet die auf solche Weise erzeugten Seebecken als „normale Felsenseen“. Es ist wohl begreiflich, daß eine derartige chemische Corrosion, verbunden mit mechanischer Fortführung, zur Vertiefung von Becken in Kalkgebieten beitragen kann; für den Gneiß und Glimmerschiefer des Böhmerwaldes kann man sich durchaus nicht zu dieser Ansicht verstehen. Wenn Fugger sagt: „Daß die Karrenfelder im Gneiß verhältnismäßig selten sind, hat seinen Grund in der großen mechanischen Verwitterung“ — sollte dies nicht auch für die Seebecken gelten, würde nicht der Prozeß der Schuttführung aus der Umgebung stets rascher vor sich gehen, als der der chemischen Corrosion? Außerdem weist Richter¹ darauf hin, daß die chemische Verwitterung (engl. decay) in hohen Breiten oder den entsprechenden klimatischen Höhengürteln des Gebirges eine geringe Rolle spiele.

Eine bedeutungsvolle Förderung und überzeugende Begründung der Karentstehung mit Hilfe hydromechanischer Verwitterungsvorgänge lieferte Richter¹ durch seine Untersuchungen an skandinavischen Karen. Richters Resultate lassen sich in kurzen Zügen wie folgt wiedergeben:

Norwegen ist in der Glacialzeit völlig vom Eise bedeckt gewesen; trotzdem finden sich die Kare nur in einer bestimmten Region: sie treten an den Rücken und Kuppen auf, die aus der Fläche der hohen Fjelde hervorragen, oberhalb der Grenze der zusammenhängenden Pflanzendecke, nahe oder auch über der Schneegrenze. Während die ganze übrige Fjeldlandschaft den ausgeprägten glacialen Habitus mit sanft gerundeten, glatt geschliffenen Formen trägt, sind die Kare Nischen im Gehänge, mit steiler, ungegliederter Wand, die ganz frisch im Bruche ist. Sie bilden also etwas Fremdartiges, Accidentielles in der typischen Glaciallandschaft, woraus Richter schließt, daß sie erst nach der Eiszeit entstanden seien.

Auf die Wirkung des fließenden Wassers kann ihre Bildung nicht zurückgeführt werden; denn in dieser Höhe giebt es höchstens kleine Sommergewässer. Eine Ausschleifung durch Gletscher kann sich nur auf die Basis, nicht aber auf die Hinterwand erstrecken; denn ober-

¹ Geomorphol. Beob. aus Norwegen. Sitzungsber. d. K. K. Akad. d. Wiss. Wien 1896. Math.-nat. Kl. Bd. CV, Abt. 1, ferner: Kare u. Hochseen. Verh. d. Ges. dtsch. Naturf. u. Ärzte. 66. Vers. Wien 1894. Aus Norwegen; Zeitschr. d. dtsch. u. österr. Alpenv. 1896, Bd. 27.

halb der Karwand befindet sich schneefreier Boden; überdies zeigt die Wand in keinem beobachteten Falle Schliffe. Die Botner sind vielmehr der Hauptsache nach eine Verwitterungserscheinung, beruhend auf dem mechanischen Zerfall des Gesteins an seinen natürlichen Trennungsflächen in Folge von Spaltenfrost und scharfen Temperaturwechseln.

Aus irgend einem Grunde befand sich im Gehänge eine Stelle geringerer Widerstandskraft des Gesteines; eine Nische brach aus. Die Verwitterung schritt von der anfänglichen kleinen Nische centripetal nach rückwärts und erweiterte sie zu einem Cirkus. Für die weitere Entwicklung der Dinge wird nun die Höhenlage maßgebend. Liegt die Ausbruchsnische unterhalb der Schneegrenze, in der Zone regelmäßig verlaufender Gewässer, so wird sie vom Regen und den Regenrinnen zum Trichter ausgebildet; in den Wänden werden Gräben und Rippen herausgearbeitet. Liegt dagegen die Nische in der Schneeregion oder ihr sehr nahe, so wird sich ein Schneefeld oder ein kleiner Gletscher in sie einlagern; durch glaciale Ausschleifung wird sich ein gerundeter Karboden entwickeln. Die steilen Karwände können sich nicht in ihre Trümmer einhüllen; sie bieten immer wieder neue Angriffsflächen für die Verwitterung und schreiten deshalb rascher rückwärts, als sich der Karboden vertieft. Auf diese Weise entsteht die charakteristische weite Beckenrundung mit fast ebenem Boden.

Als Ausgangspunkt der Karbildung kann ebenso wie die vorausgesetzte Ausbruchsnische ein Wasserriss dienen; doch setzt dies eine Klimaschwankung voraus, die den Ort aus dem Bereiche des rinnenden Wassers in das des Schnees versetzt. „Das Auftreten von Karen in Gebirgen, wie der Böhmerwald oder das Riesengebirge, welche die jetzige Waldgrenze kaum überschreiten, beweist, daß hier einst ein kälteres Klima geherrscht und das Gebirge erheblich über die Vegetationsgrenze hinausgeragt hat. Zweitens ist die Mitwirkung der Gletschereinlagerung bei der Ausbildung der Kare eine ganz wesentliche. Man wird also aus dem Auftreten der Kare mit Recht auf eine Klimaschwankung und eine einstige Lokalvergletscherung schließen dürfen“ (a. a. O. p. 18).

Es ist jedenfalls ein sehr glücklicher Griff Richters, behufs Erklärung des Karphänomens die Thätigkeit der mechanischen Verwitterung in den Vordergrund zu stellen. Eine Schwierigkeit scheint die vorgetragene Theorie nur in der Erklärung der ersten Ausbruchsnische zu bieten; denn wenn dieselbe nicht sehr rasch und gleich in großem Maßstabe angelegt wird, dürfte sie sich später schwerlich zu einem normalen Cirkus erweitern, da diese erste Anlage sofort vom

Firn mit Beschlag belegt und vor weiterer starker Verwitterung geschützt wird. Im Böhmerwalde kommen uns zur Beseitigung dieser Schwierigkeit die beobachteten Dislokationen zu statten.

Auch die Tendenz der Verwitterung, senkrechte Wände zu erzeugen, möchten wir mit einiger Modifikation annehmen. Stellen wir uns den Prozeß des Rückwärtsnagens in seinen einzelnen Phasen vor. Von einer an der Firngrenze liegenden Ausbruchsnische bröckelt Trümmerwerk ab, fällt in die Tiefe, häuft sich hier an und bildet einen Schuttkegel und damit zugleich einen schützenden Mantel über den unteren Teilen der Schluchtwände. Diese werden infolgedessen langsamer verwittern, als die oberen steilen Partien. Dort geht die Arbeit ungehindert weiter; der Schutt rollt so lange abwärts, bis die Felswand sich weit genug zurückgelegt hat, daß der Schutt an Ort und Stelle liegen bleiben kann. Wann aber wird dieses Stadium eintreten? Penck¹ sagt: „Es kann irgend eine Felswand von über 30° Böschung nicht auf die Dauer bestehen, ohne von ihrem Schutte eingehüllt zu werden, und die steileren Böschungen können sich nur dort erhalten, wo die Bildung einer Schutthalde am Fusse gehemmt ist.“ Die Resultante der sich zurücklegenden Wand wird also auch eine Schräge sein, die abhängig ist von der Maximalböschung einer Schutthalde, d. h. 30°².

Nehmen wir aber an, daß in der Tiefe der Anbruchsstelle ein Firnfleck ruhe, so wird auf diesem das Blockwerk, welches von der überragenden Felswand auf ihn fällt, hinabrutschen. Sobald durch neuen Abbruch die Steilwand sich an irgend einer Stelle ein wenig zurückgelegt und der Horizontalen genähert hat, so wird sie auch vom Schnee occupiert, der vorher an dieser Stelle noch keinen Halt gefunden hatte. So erobert sich die Schneebedeckung eine Etage nach der andern; das zurückweichende Stück der Felswand wird immer kleiner. Jeder stehengebliebene Vorsprung ragt als Angriffsobjekt der Atmosphärien aus der Schneedecke, bis er unterlegen ist.

¹ Morphologie der Erdoberfläche I, S. 219.

² Vgl. hierzu auch: Heim, Einiges über die Verwitterungsformen der Berge, S. 23. „Echte Halden haben ein Gefälle von 15° bis höchstens 40°; 30° ist das Gewöhnliche.“ v. Hochstetter, Die feste Erdrinde nach ihrer Zusammensetzung, ihrem Bau und ihrer Bildung, S. 122. Dieselben Zahlen wie bei Heim. P. J. Gremblich, Pflanzenverhältnisse der Gerölle in den nördlichen Kalkalpen. 5. Jahresber. des bot. Ver. in Landshut, S. 20: 25—30°. A. Fr. J. Bargmann, Der jüngste Schutt der nördlichen Kalkalpen, in seinen Beziehungen zum Gebirge, zu Schnee und Wasser, zu Pflanzen und Menschen. Diss. 94, S. 18: Allgemeines Mittel der Neigungswinkel mit 28° 33' berechnet.

Folglich ist auch hier die Resultante eine Schräge, die bedingt wird durch die Maximalneigung, unter der Schnee liegen bleiben kann. Elie de Beaumont giebt diese mit 30° an; Ratzel¹ sagt: „Bei 40° bleibt der Schnee leicht liegen, schmilzt aber allerdings rasch ab. Je steiler das Gehänge, desto rascher das Abschmelzen.“ Vergleichen wir mit dieser theoretischen Erörterung unsere Erfahrungen im Böhmerwalde, in dem die Seewände stets eine Gesamtneigung von $25\text{—}35^{\circ}$ zeigten (ausgenommen die frisch erhaltenen Verwerfungsflächen), so sehen wir, daß die Wirklichkeit mit den Voraussetzungen dieser Theorie gut im Einklange steht.

Versuchen wir nun nach kritischer Prüfung aller oben dargelegten Ansichten über die Entstehung der Kare an der Hand unsrer eigenen örtlichen Untersuchungen ein selbständiges Urteil über die

Bildung der Böhmerwaldseen

zu gewinnen, so dürfen wir dabei eines nicht vergessen: daß die Natur nicht nach einem Schema arbeitet; sie erreicht ein und denselben Effekt nicht auf einem einzigen Wege, sondern durch enge Verkettung vieler kleiner Ursachen, oft auch in verschiedenen Fällen mit wechselnden Mitteln. So ist es auch hier der Fall. Nicht einmal die wenigen Beispiele von Karbildungen innerhalb unseres engeren Beobachtungsgebietes ermutigen zu einer einheitlichen Erklärung des Phänomens. Fordert uns nicht der Teufelssee mit seinem runden Becken, seiner geglätteten Felswand, zu anderen Schlüssen auf, als das steilwandige, von Verwerfungsklüften durchzogene Schwarze See-Kar? Verkörpern uns nicht der Plöckensteinsee, Lakkasee und der kleine Arbersee die allmählichen Übergänge vom echten Karsee zum einfachen Abdämmungsbecken?

Wir würden das Problem der Entstehung der Böhmerwaldseen — unter hauptsächlichlicher Anlehnung an Richter — etwa in folgender Weise zu lösen suchen: Während der Glacialperiode lag im Böhmerwaldgebirge — zwischen der oberen Grenze der geschlossenen Vegetation und dem Gebiete des diluvialen Firns — eine Zwischenregion, mit spärlichem Pflanzenwuchs, mit vielen kahlen Felsstrecken, eine Zone, preisgegeben der intensivsten Zerstörung. Zwar ist hier die Wasserkraft einen großen Teil des Jahres durch den Frost gefesselt; aber zur Zeit der Schneeschmelze arbeitet sie desto energischer und zeichnet tiefe Spuren in die Erdoberfläche. Keine Pflanzendecke reguliert und hindert den Wasserabfluß; die Erosion schneidet viel rascher senk-

¹ Ratzel, Die Schneedecke —, S. 163.

recht in die Tiefe, als weiter unten im Gebiete dichten Pflanzenwuchses. In den Erosionsrinnen entsteht an der Vegetationsgrenze eine Gefällsknickung, und zwar oberhalb der letzteren ein der Horizontalen genäherter Thalboden. Je energischer die Tiefenerosion, desto rascher arbeitet sie auch rückwärts; die Hintergehänge werden steiler. An der Konvergenzstelle besonders starker Quellbäche entsteht eine kesselartige Weitung, die sich nach der Vereinigung der Rinnsale zu einem einheitlichen Bett zusammenzieht und zunächst eine Klamm bildet, — wir haben einen Trichtercirkus vor uns.

Neben der mechanischen Thätigkeit des fließenden Wassers beteiligen sich aber auch andere Kräfte an der Nischenbildung: Insolation, welche wechselnd mit nächtlicher Abkühlung das Gestein lockert, und Fröste, die durch Eisbildung in den Gesteinsfugen denselben Effekt haben. Nicht nur die oberflächlichen feinen Haarspalten werden durch das gefrierende Wasser erweitert, sondern auch die durch tektonische Spannungserscheinungen entstandenen Klüfte. Dadurch werden Nischenbildungen, auch größeren Maßstabes begünstigt.

In den so an der Firngrenze erzeugten kleineren und größeren Ausbruchsnischen sammelt sich Schnee, was in folgenden Ursachen begründet sein mag:

1. einem kälteren Lokalklima¹,
2. in geringer Besonnung, also bei nördlicher und nordöstlicher Exposition,
3. im Windschatten, der für die mitteleuropäischen Gebirge im NO. liegt².

Wo nördlich und nordöstlich gelegene Nischen zu Schneereservoirs werden, braucht man eine Klimaschwankung innerhalb der Diluvialzeit kaum in Anspruch zu nehmen, um die weitere Karbildung zu erklären, obwohl der Nachweis einer wiederholten, durch Interglacialzeiten unterbrochenen Firn- und Eisbedeckung der nördlichen Hemisphäre im Verlaufe der Glacialperiode derartige Schwankungen leicht erklärlich machen würde.

¹ Ratzel, Die Schneedecke, S. 178: „In den Vertiefungen des Bodens ist ein Lokalklima der Erhaltung der Schneereste günstig. In jeder Bodensenke sammelt sich kältere Luft. Auf einer Erhebung von $\frac{1}{2}$ —1 m ist die Temperatur ebenso oft 1° wärmer, als in der Umgebung, wie in einer Einsenkung von $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ m 1° kälter. Hamburg fand die Temperatur an der Sohle eines Grabens von $1\frac{1}{2}$ —2 m Tiefe und 3—4 m Breite 5—6° tiefer als in der Umgebung.“

² Ratzel a. a. O. S. 155: „Es ist wohl zu beachten, daß in Mitteleuropa der Niederschlagswind in keiner Zeit des Jahres so ausgesprochen SW. ist, als im Winter.“

Aber auch ohne solche bildet die jedesmalige orographische Firngrenze an allen Nischen eine Exklave nach unten. Der Schnee wird rasch durch die rings von den Cirkuswänden ablaufenden Schmelzwässer verfirnen, und es wird lediglich von der Mächtigkeit der Ablagerung abhängen, ob dieselbe als Firnlappen oder als kleiner Gletscher zu bezeichnen ist. Jedenfalls hatten unsere speciell in Betracht kommenden Firnbecken bereits eine solche Ausdehnung, daß sie mindestens an ihrem Grunde vereisen und eine Bewegung thalabwärts annehmen mußten. Welche Funktion im Prozeß der Karbildung übernimmt nun der Firn?

1. Er schützt das Becken vor weiterer Ausfüllung mit Schutt, konserviert es also.

2. Er bildet eine Fallbahn, über die das abbrechende Gestein abgleitet und sich an ihrem Rande als Firnmoräne aufdämmt.

3. Er räumt mit seiner vereisten Basis den Schutt, der anfänglich den Nischenboden bedeckte, aus. Geschieht dies in einem Trichtercirkus, so wird dessen Klamm dabei verstopft, das seitlich derselben gelegene, höhere Felsgehänge maskiert und hierdurch nach Schwinden des Eises die Aufstauung besonders tiefer Seen bewirkt.

4. Die Bodenfläche des sich vorschiebenden Eises schleift mit Hilfe des in ihm eingefrorenen Gesteinsmaterials an Stellen größeren Widerstandes den anstehenden Fels und trägt zur Rundung der Beckenform bei.

5. Durch Wiederverflüssigen des Eises auf dem Grunde der Firn- oder Gletschermulde ist vielleicht eine stärkere mechanische Verwitterung thätig, ebenso durch Abtropfen des Schmelzwassers von der Unterseite des Eises, so daß neuer Schutt gebildet und entfernt wird. Ist das Gestein geeignet (vielleicht der Plöckensteingranit), so mag auch durch chemische Verwitterung ein meßbarer Beitrag zur Vertiefung des Beckens geliefert werden.

So vorsichtig man auch der Frage nach der Vereisung unsrer Mittelgebirge gegenüberstehen mag, so darf doch mindestens auf eine so geringe zeitweilige Abkühlung des Böhmerwaldes geschlossen werden, wie sie die entwickelte Theorie fordert, seitdem die diluviale Vergletscherung des Riesengebirgs und Schwarzwaldes und die damalige Existenz erzgebirgischer Gletscher zweifellos feststeht.

Beim Abschmelzen des Eises am Ende der Diluvialperiode trat das Wasser an die Stelle desselben und erfüllte die Tiefen der Karnischen mit durch Blockmassen und Felsriegel abgestauten Karseen.

Aber auch die Seen werden vergehen, wie einst die Firnmassen. Reichliche Wasseradern schaffen unermüdlich Schutt und organische

Reste in den See und erhöhen seinen Boden. Und am andern Ende sucht der schäumende Seebach sich rückwärts durch die hindernde Schwelle zu nagen und sein Vorratsbecken abzuzapfen. Wenn auch Menschenkunst versucht, diesen letzten Prozeß zu hintertreiben, so wird doch über kurz oder lang ein ebener, sumpfiger Thalboden mit steiler Felsumfassung die einzige Reminiscenz an die vormalige Seeausfüllung sein. So sind auch unsre Böhmerwaldseen, obgleich noch heute die frischen Wunden auf der Felswand zeigend, nur ephemere Gebilde. Eine kurze Zeit wird genügen, um sie zu vertilgen, die letzten jugendfrischen Züge im Antlitz des greisenhaften Böhmerwaldgebirges.

V I T A.

Ich, Adolf Paul Wagner, bin am 4. April 1868 in Döbeln geboren, besuchte die 1. Bürgerschule meiner Vaterstadt und das Lehrerseminar zu Nossen. Am 4. April 1888 wurde ich an der 20. Bezirksschule zu Leipzig-Gohlis angestellt, wurde daselbst nach bestandener Wahlfähigkeitsprüfung am 1. Januar 1891 provisorischer, am 1. Januar 1892 ständiger Lehrer. Nachdem ich bereits in den früheren Jahren Vorlesungen besucht hatte, gab ich Michaelis 1894 mein Amt auf und wurde als Studierender der Pädagogik an der Universität Leipzig immatrikuliert — zunächst auf 4, später auf weitere 2 Semester.

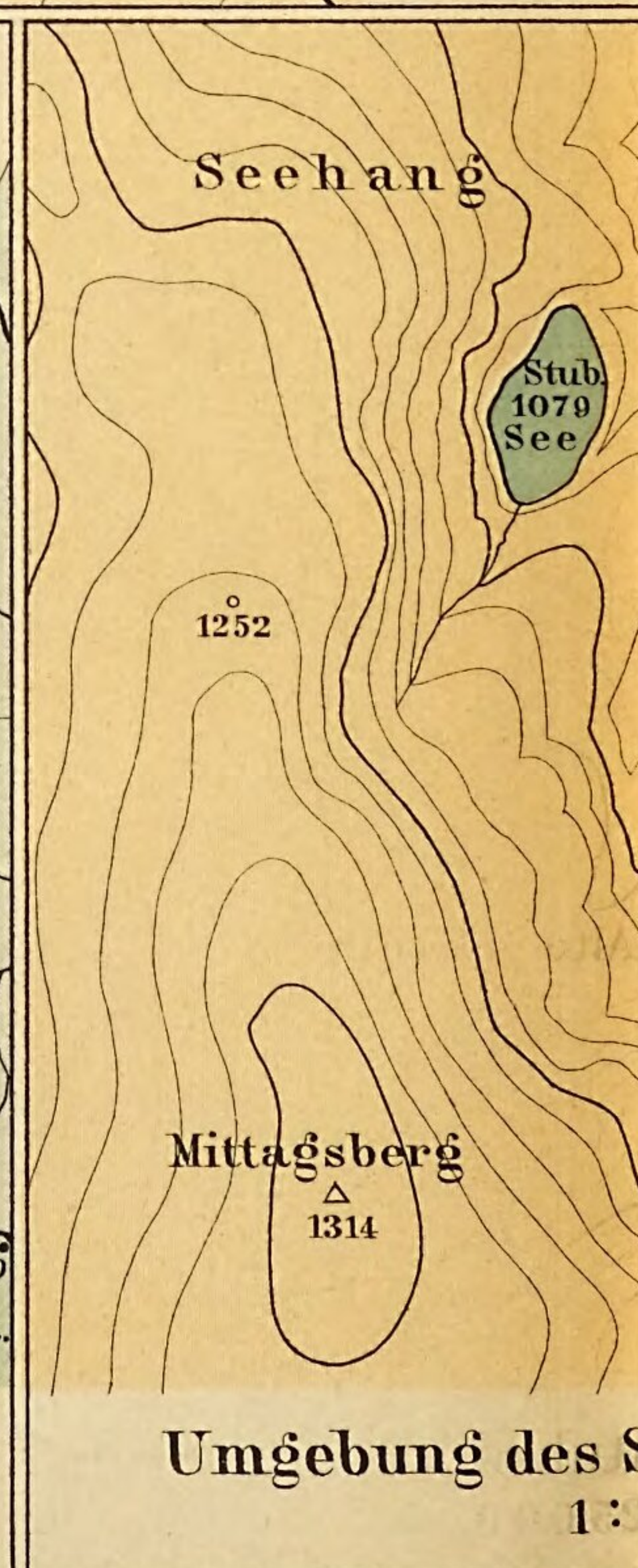
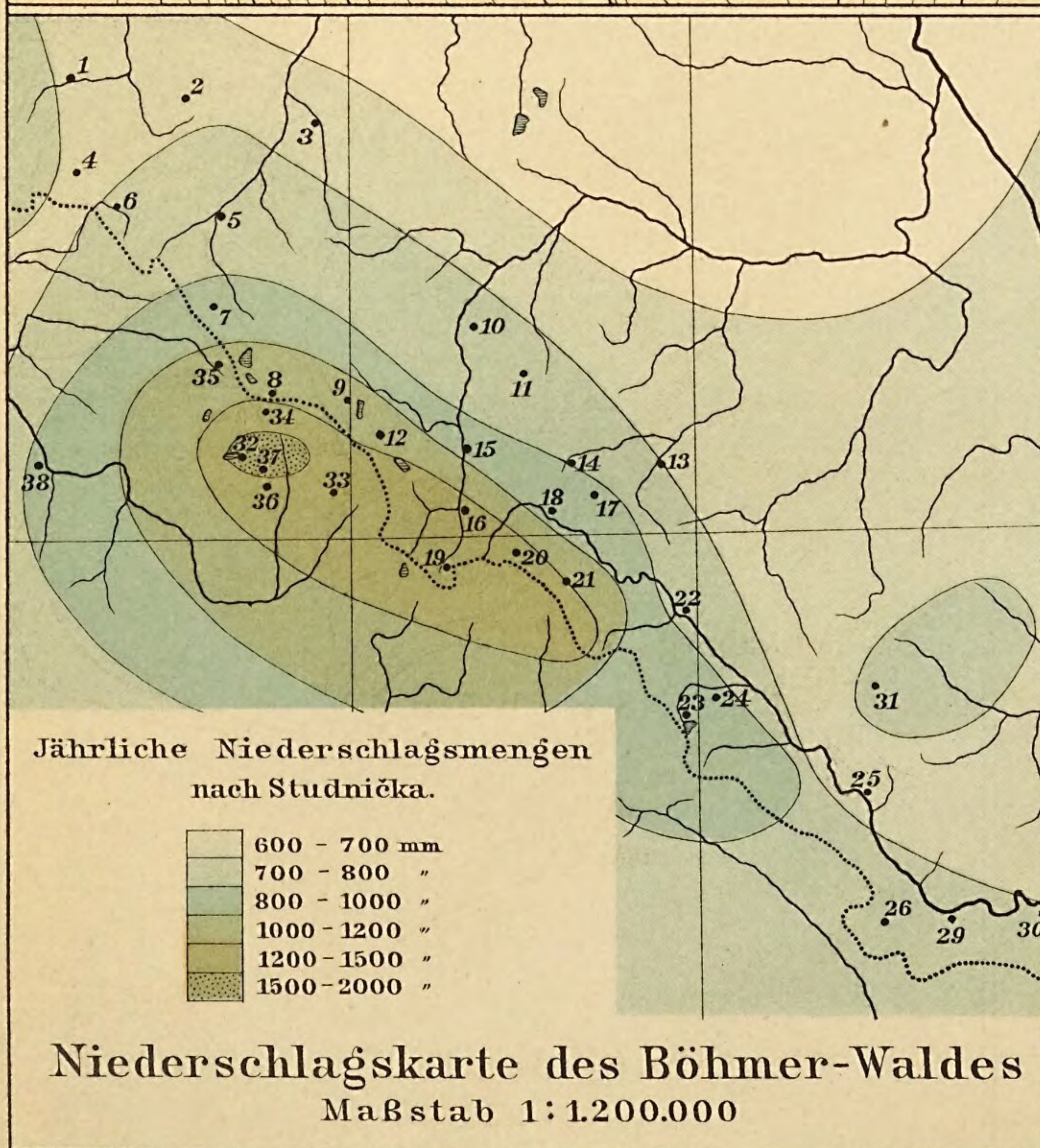
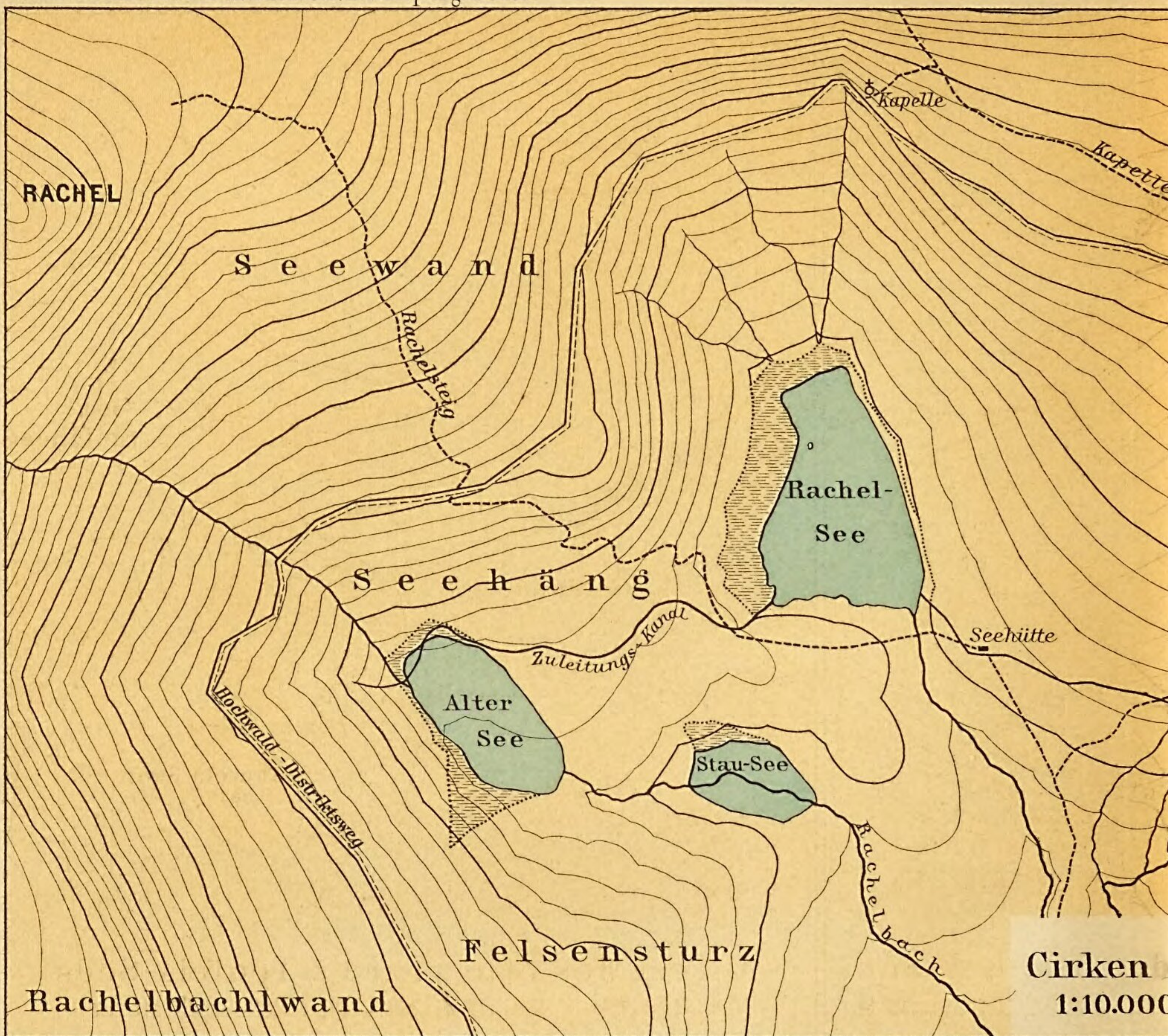
Ich besuchte die Vorlesungen der Herren Professoren: Barth, Credner, Elster, Fischer, Heinze, Hettner, Lenk, Leuckart, Pfeffer, Ratzel, Volkelt, Wenzel, Wislicenus, Wundt, Zirkel.

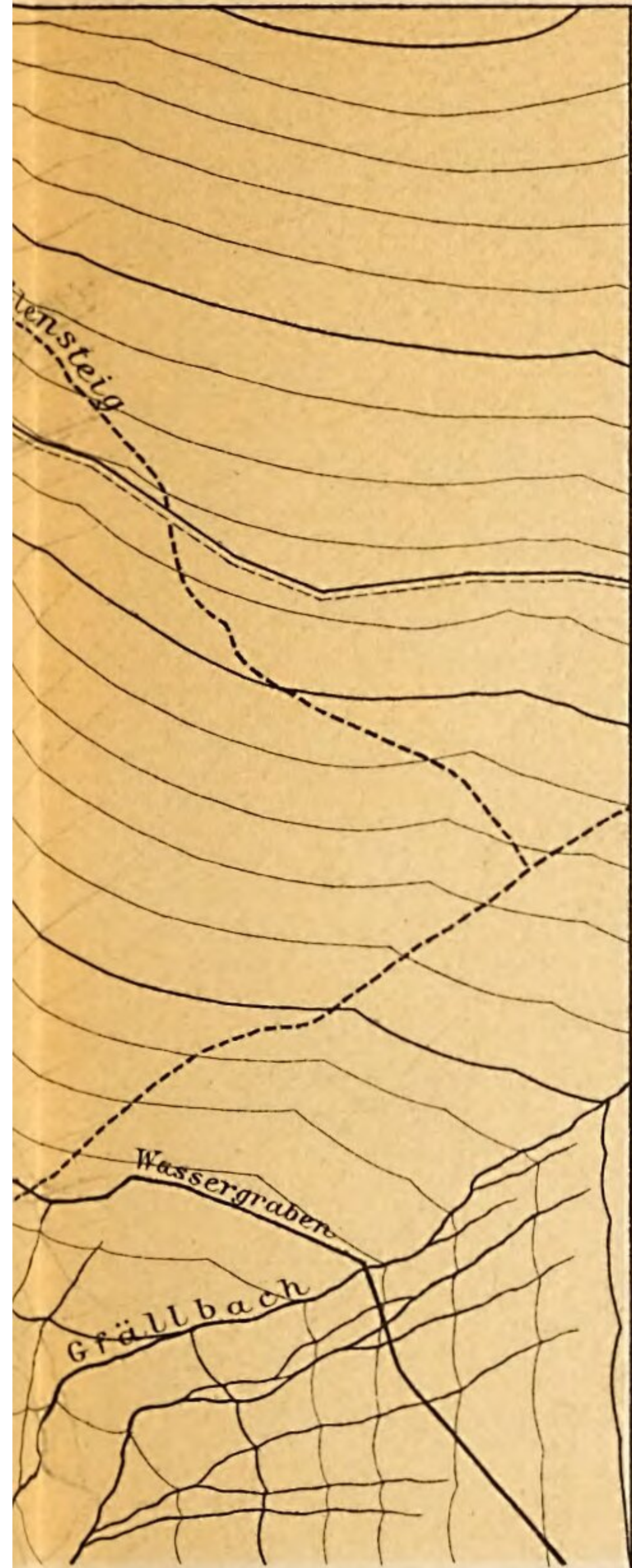
Ausserdem nahm ich an den folgenden praktischen Übungen teil: 4 Sem. Geogr. Sem., 4 Sem. Hettner, Geogr. Übungen, 1 Sem. Hassert, Geogr. Übungen, 4 Sem. Mineral. Labor., 3 Sem. geolog.-paläontolog. Praktikum, 2 Sem. Zool. Labor., 1 Sem. Pflanzenmikroskopische Übungen, 1 Sem. Fischer, botan. Bestimmungsübungen, 4 Sem. philos.-pädagog. Seminar, 1 Sem. kartogr. Seminar.

Im Wintersemester 1896/97 legte ich die philosophische Doktorprüfung und das pädagogische Staatsexamen ab und fand dann — nach kurzer vertretungsweiser Beschäftigung an einer Leipziger Volksschule — Anstellung als ständiger Lehrer an der städtischen Realschule zu Dresden.

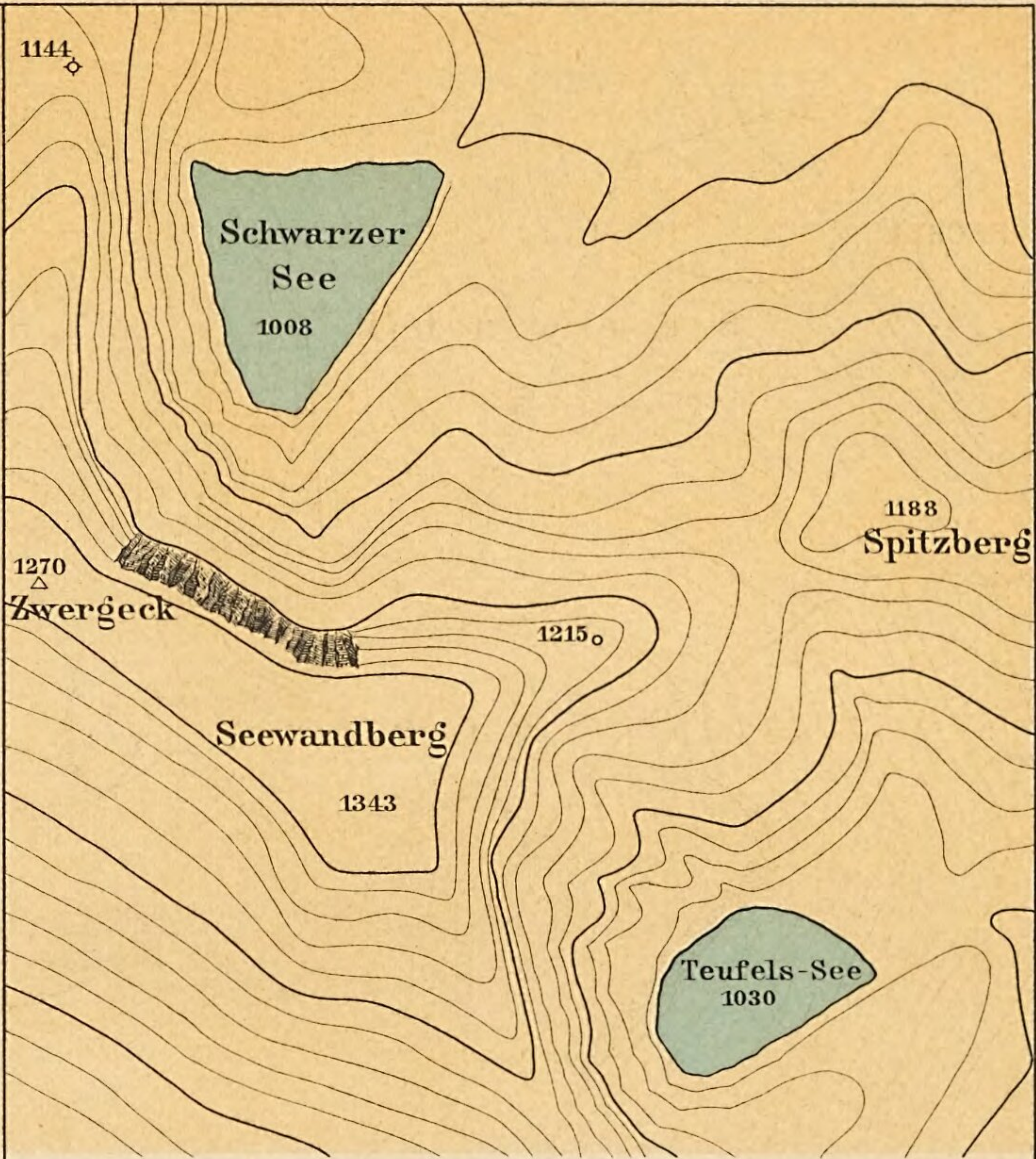
Allen meinen akademischen Lehrern, besonders den eifrigen Förderern dieser Arbeit, Herren Professor Ratzel und Geh. Bergrat Professor Credner, meinen bleibenden Dank!

Pierer'sche Hofbuchdruckerei Stephan Geibel & Co. in Altenburg.

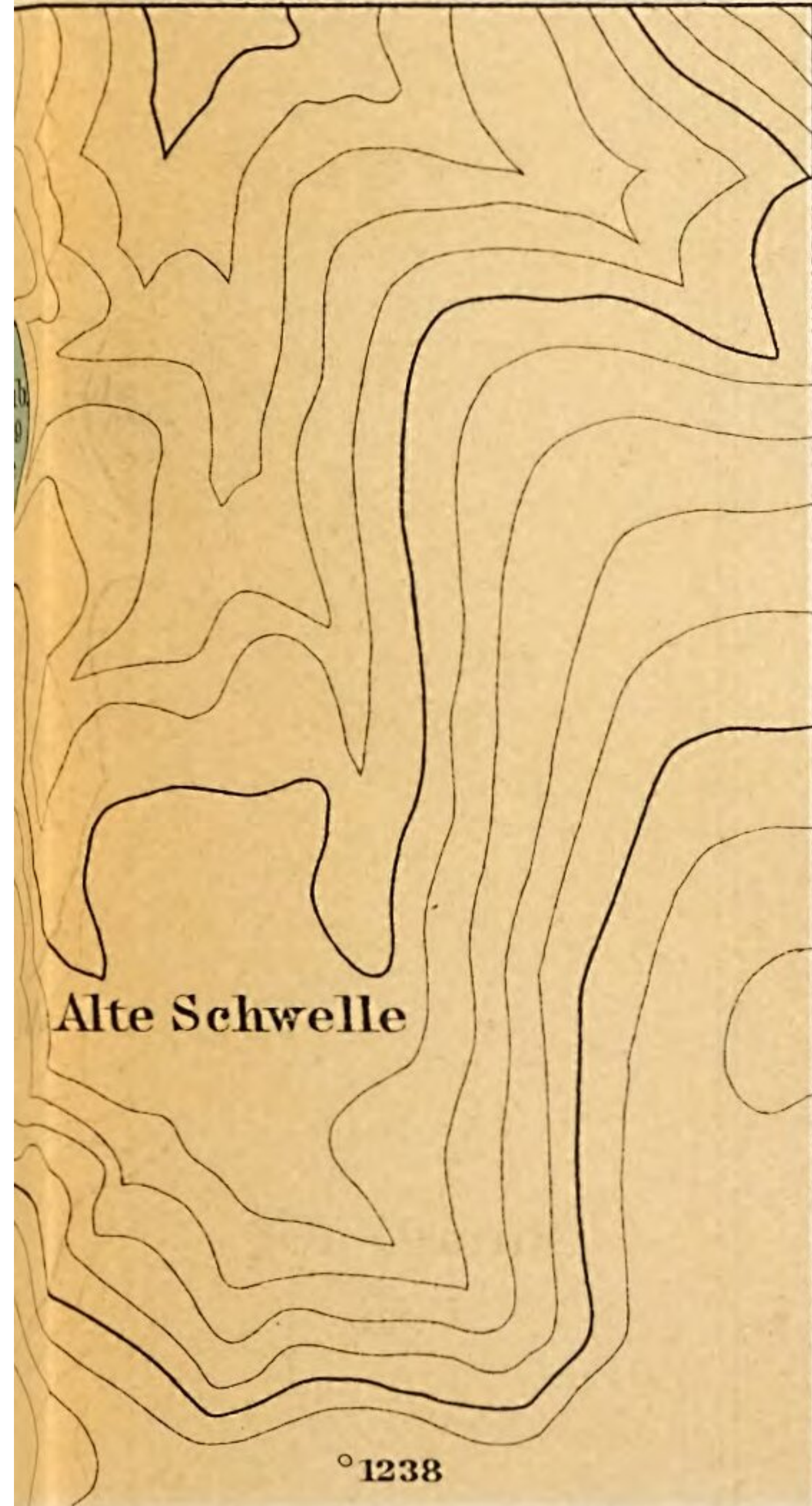




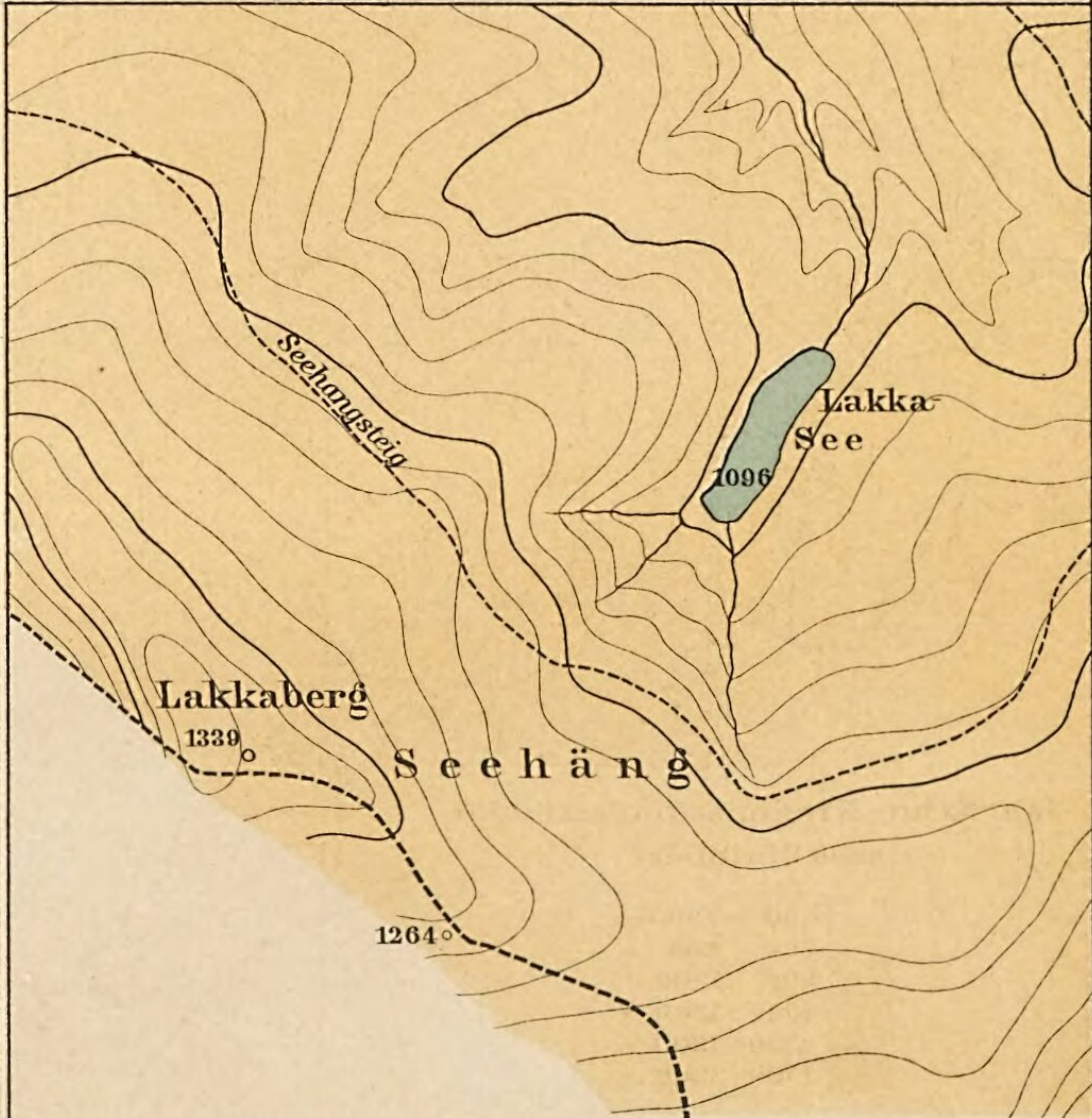
des Rachel-Sees
0 0 100 200 300 M.



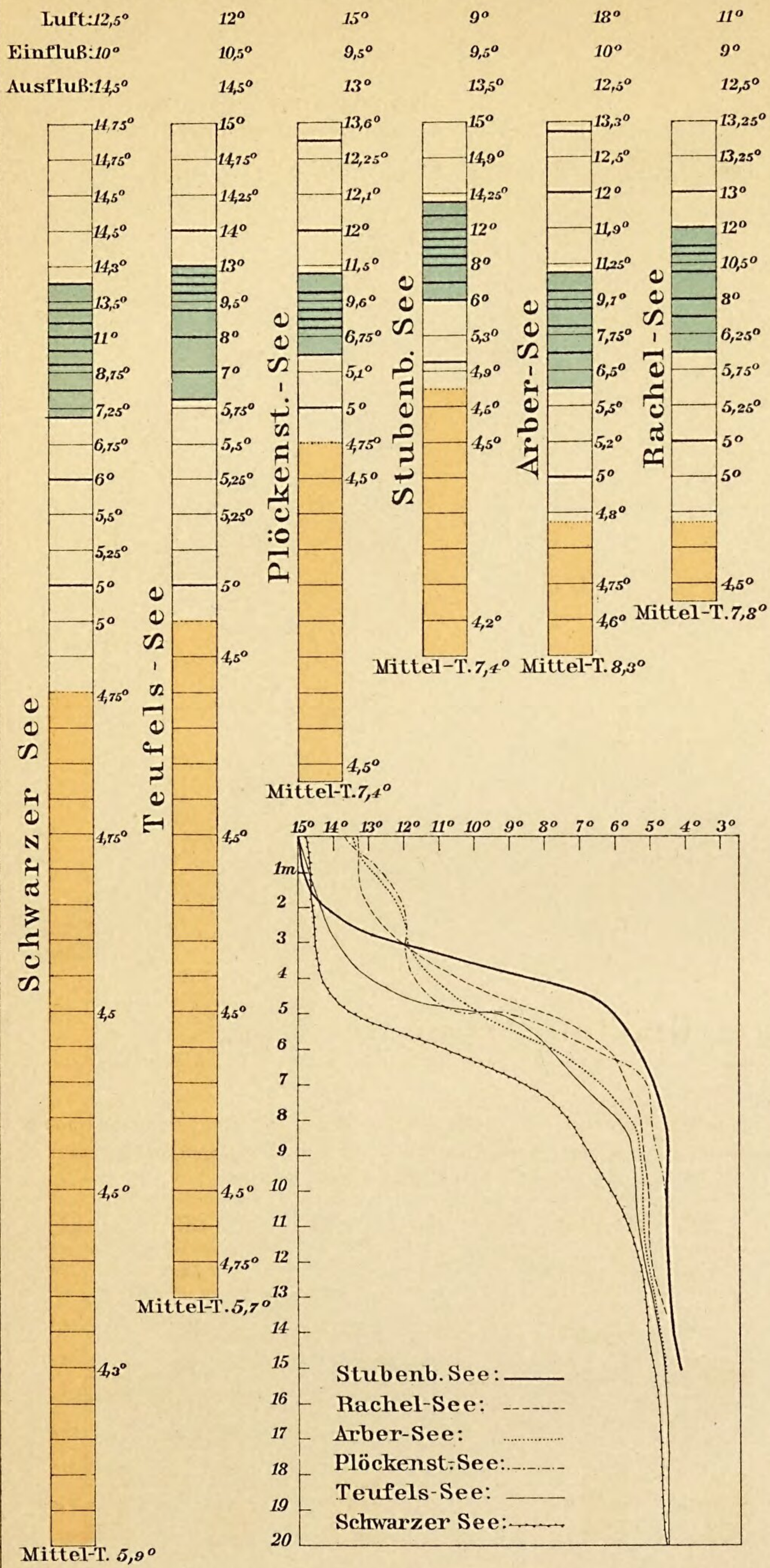
Circus des Schwarzen & Teufels-Sees
1:25.000 0 200 400 600 800 1000 Meter



Stubenbacher Sees
1:25.000

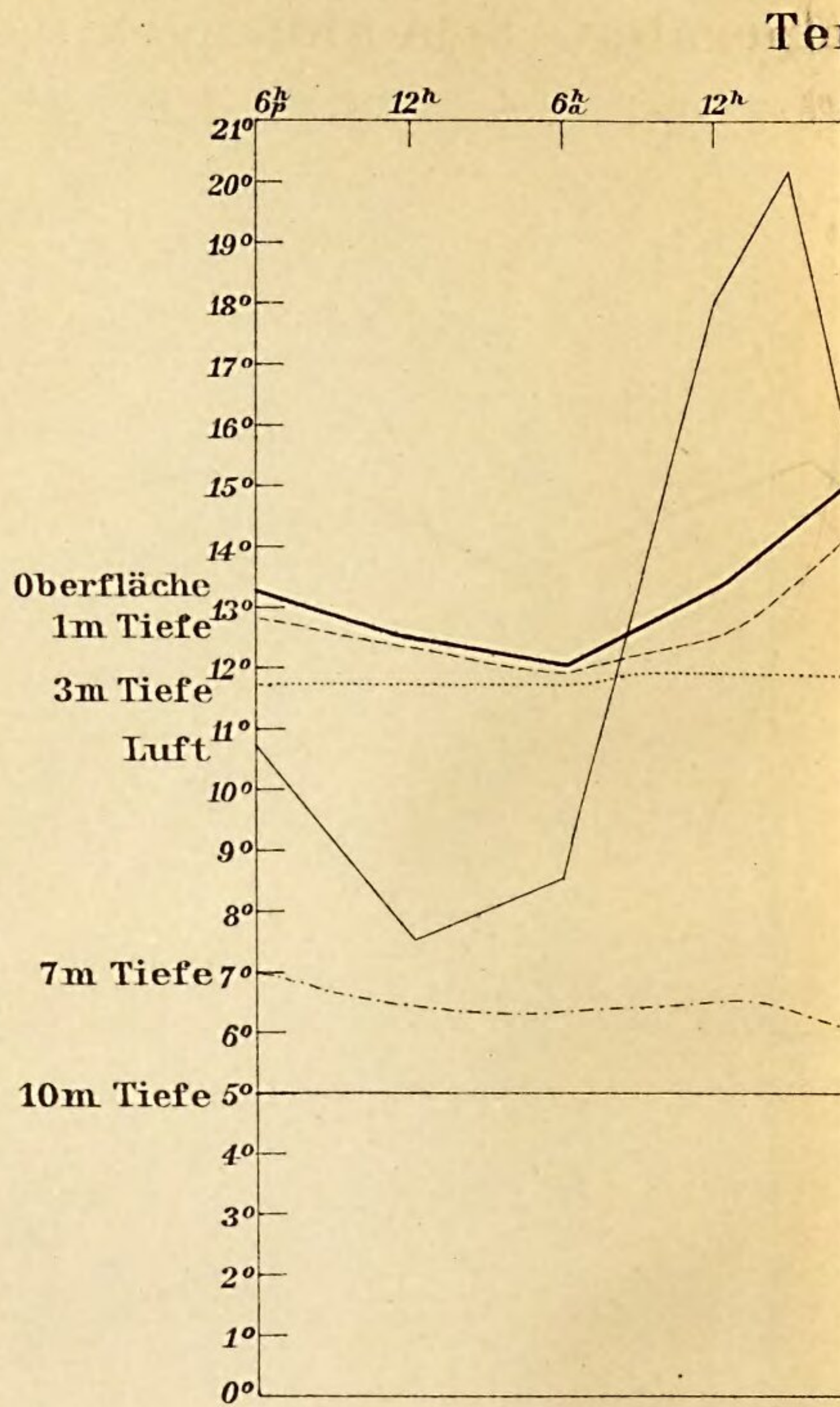


Umgebung des Lakka-Sees
1:25.000

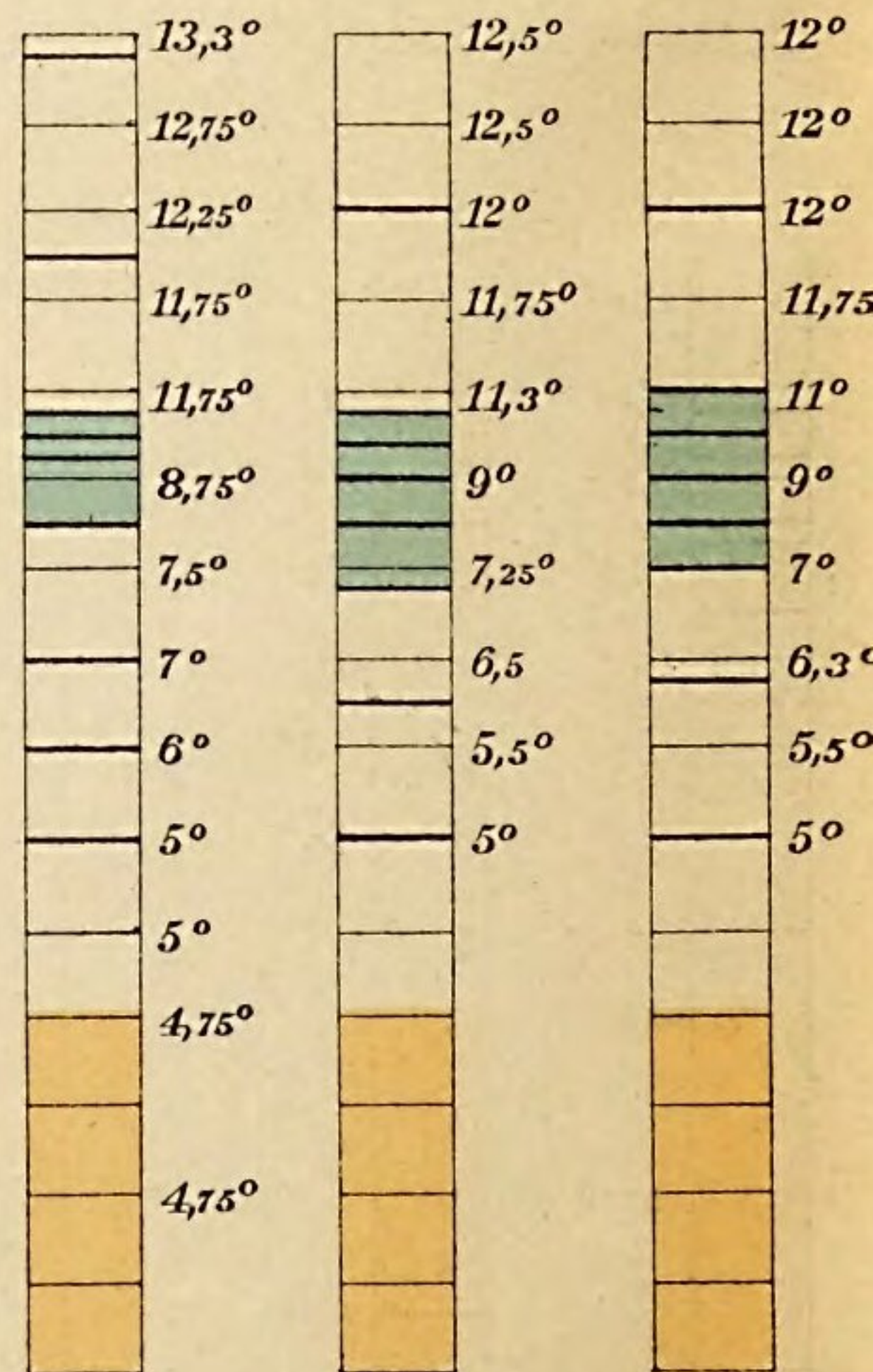


Temperaturen der Böhmerwald-Seen

Die schwachen Horizontalstriche bezeichnen die Tiefenzunahme in m, die starken eine Temperaturerniedrigung um je 1°C .

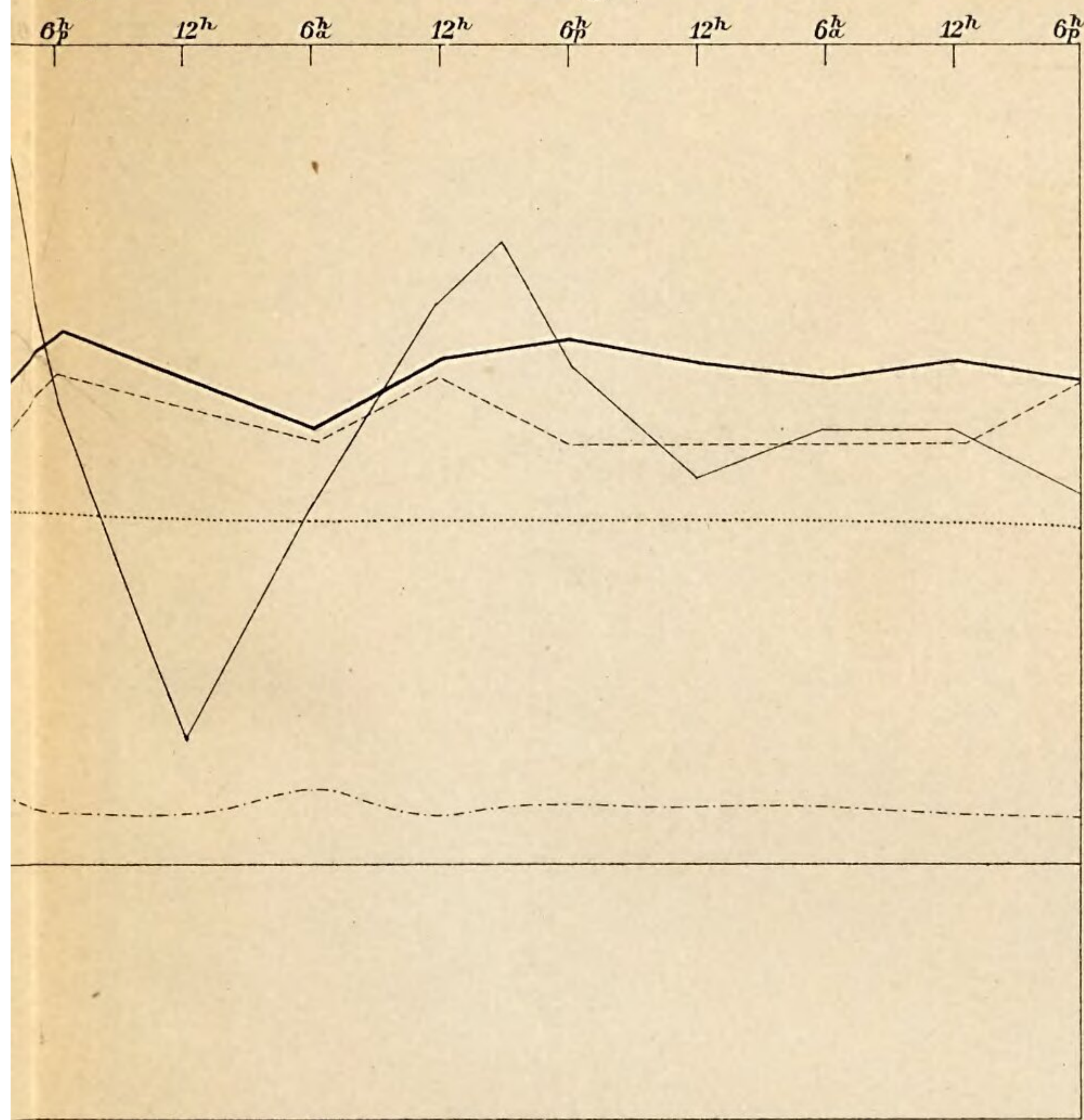


Tag vorher trocken. Erster sonniger Tag.	Sonnig, schwach wechselnder
Zeit: 19/8 6 ^h _p	20/8 12 ^h _{mn} 6 ^h _a
Luft: 10,5°	7,5° 8,5°

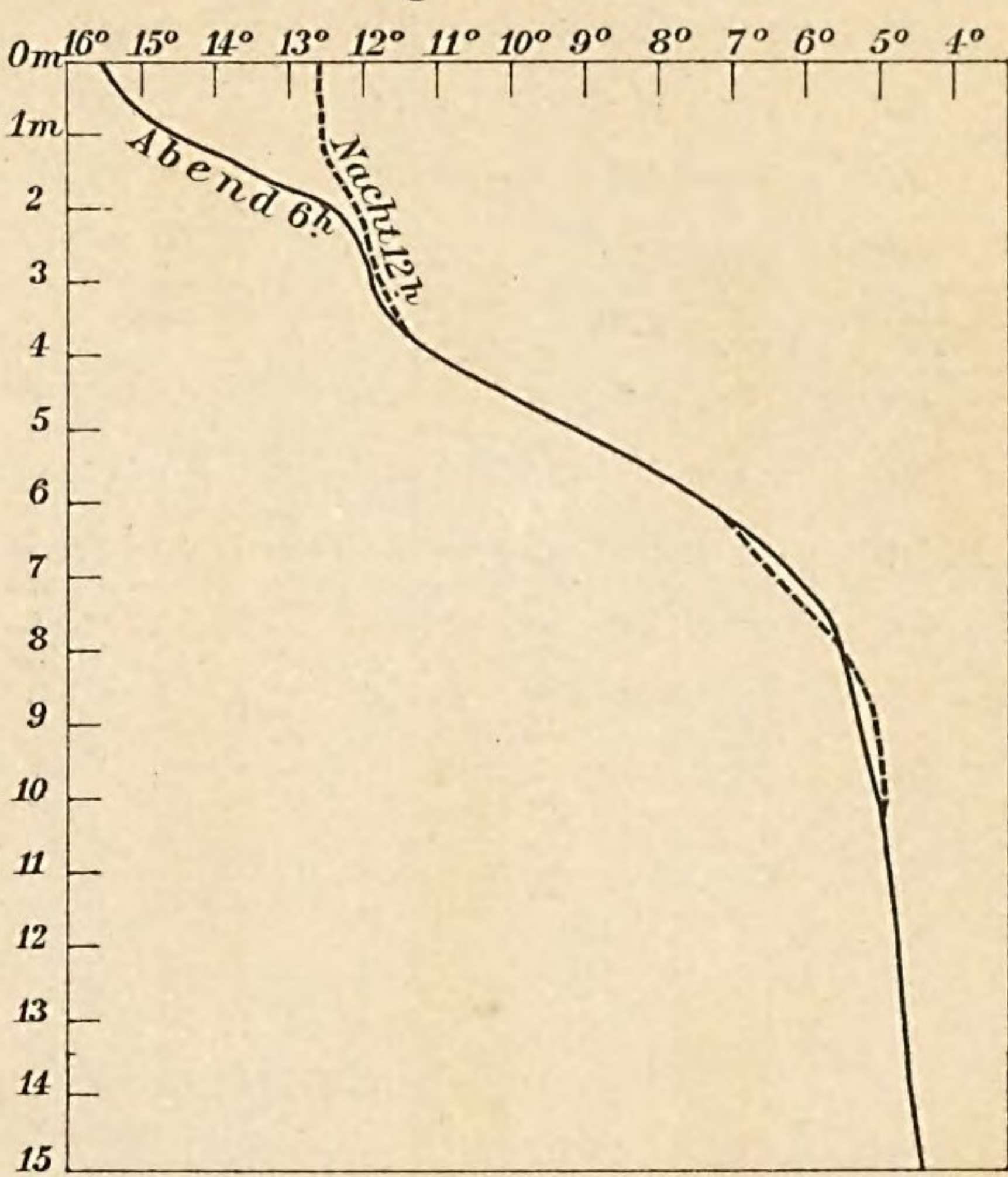


Großer Arber - See

Temperatur - Schwankungen



Temperaturcurve
am Tage u. in der Nacht



Temperatur - Schwankungen am Großen Arber-See

Wetter:

Wacher Wind mit
er Richtung.

Mitternacht Gewitterregen (2,6 mm) mit starkem
Wind. Früh bis 1/2 7h Nebel, dann mäßig bewölkt,
schwül, windstill.

Nachts starker Regen (5,7 mm); früh die Wolken
im Kessel; windstill. Von 9h an Regen, das Regenwasser
15° warm. Nachmittag bewölkt.

	12h	3p	6p	21/8	12h	6a	12h	3p	6p	22/8	12h	6a	12h	6p
5°	18°	20,5°	14°			12°	16°	17°	14,75°	12,5°	13,5°	13,5°	12°	
10°	13,3°	15,3°				13,75°	14,8°	15,3°		14,75°	14,5°	14,75°	14,5°	
15°	12,5°	14,5°				13,5°	14,5°	13,25°			13,25°	13,25°	14,5°	
20°	12°	12,25°				12°	12,25°	12,5°			12,1°	12,1°	12,1°	
25°	11,9°	11,9°				11,75°	11,75°	11,75°			11,75°	11,75°	11,6°	
30°	11,25°	11°				11,4°	11,4°	11,4°			11°		11°	
35°	9,7°	9°				8,75°	9,5°	9,2°			9°		9,2°	
40°	7,75°	7,25°				7,6°	7,2°	7°			7,2°		7°	
45°	6,5°	6°				6,5°	6°	6,25°			6,2°		6°	
50°	5,5°	5,5°				5,6°	5,25°	5,9°			5,6°			
55°	5,2°	5,2°				5°	5,1°	5,3°			5,1°			
60°	5°	5°				4,8°	5°	5°			5°		5°	
65°	4,8°					4,75°	4,7°	4,6°			4,6°			
70°	4,75°					4,6°								
75°		4,6°				4,6°	4,6°							

Wagner, Paul,

Die Seen des Böhmerwaldes eine geologisch-geographische Studie ; zugleich
ein Beitrag zur Lösung des Karproblems

Leipzig 1897

Austr. 5004

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11800946-8